COLOMB & HOULBERT

PALÉONTOLOGIE ANIMALE

2e Cycle

Librairie Armand Colin.

Pz. C 718

HARVARD UNIVERSITY

VE RI TAS

LIBRARY

OF THE

Museum of Comparative Zoölogy

MUS. COMP. ZOOL.
LIBRARY
JUL 11 1951
HARVARD
UNIVERSITY

Paléontologie animale

Philosophie A, B, et Mathématiques A, B.

A la même Librairie :

Cours de Sciences naturelles, par MM. G. Colomb et C. Houlbert :

Zoologie (*Sixième A, B*). In-18, relié toile. . . . . » »
Botanique. Botanique descriptive ou étude de la formation extérieure des plantes (*Cinquième A, B*). In-18, relié toile. » »
Géologie. Étude des phénomènes actuels (*Cinquième B et Quatrième A*). In-18, relié toile. . . . . 2 »
Géologie. Étude des époques géologiques (*Seconde A, B, C, D*). In-18, relié toile. 2.50
Anatomie et Physiologie de l'Homme (*Troisième B*). In-18, relié toile. 2.50

Cours complet de Sciences naturelles (*Philosophie A, B et Mathématiques A, B*) :

Biologie animale. In-18, relié toile. . . . . 3 »
Paléontologie animale. In-18, relié toile. . . . 1.75
Biologie végétale. In-18, relié toile. . . . . » »

Cours de Physique et Chimie, à l'usage du 2d cycle, par M. E. Drincourt, agrégé des sciences physiques et naturelles, professeur au Collège Rollin :

Physique (*Classe de Seconde C, D et A, B*). In-12, cart. 3.50
Chimie (*Classe de Seconde C, D*). In-12, cartonné. . . . 2.50
Physique (*Classe de Première C, D*). In-12, toile. . . . 3.50
Chimie (*Classe de Première C, D*). In-12, toile. . . . . 2 »
Physique (*Classe de Première A, B*). In-12, toile. . . . 2 »
Physique (*Classe de Philosophie A, B*). In-12, toile. . 2.50
Chimie (*Classe de Philosophie A, B*). In-12, toile. 2.75
Physique (*Classe de Mathématiques A, B*). In-12, toile. 3 »
Chimie (*Classe de Mathématiques A, B*). In-12, toile. . 2.75

Droits de traduction et de reproduction réservés pour tous les pays, y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

COURS DE SCIENCES NATURELLES
RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AUX NOUVEAUX PROGRAMMES
(31 Mai 1902)

Philosophie A, B, et Mathématiques A, B.

Paléontologie animale

G. Colomb
Docteur ès Sciences
Sous-Directeur du Laboratoire de Botanique de la Sorbonne.

par

C. Houlbert
Docteur ès Sciences
Professeur de Sciences naturelles au Lycée de Rennes

Paris
LIBRAIRIE ARMAND COLIN
5, rue de Mézières
1904
TOUS DROITS RÉSERVÉS.

rue St-Michel
GAND —

CLASSES DE PHILOSOPHIE A, B

ET DE

MATHÉMATIQUES A, B

(SECOND CYCLE)

MUS. COMP. ZOOL.
LIBRARY
JUL 11 1951
HARVARD
UNIVERSITY

PROGRAMMES DU 31 MAI 1902

SCIENCES NATURELLES

(5 conférences d'une heure).

(Les numéros correspondent aux pages du présent ouvrage).

NOTIONS SOMMAIRES DE PALÉONTOLOGIE

Idée générale de la configuration des continents et des mers durant les périodes primaire, secondaire et tertiaire (p. 15). — Changement des climats (p. 35).

Les animaux des temps primaires (p. 49). — Développement des Invertébrés : Trilobites (p. 52), insectes de la houille (p. 56). — Premiers poissons, premiers batraciens (p. 65).

Les animaux des temps secondaires : Ammonites (p. 77) et Bélemnites (p. 82). — Évolution des Reptiles (p. 69 et 86). — Premiers Oiseaux (p. 92).

Les animaux des temps tertiaires (p. 98) et quaternaires (p. 118). — Évolution des Mammifères : origine des types actuels (p. 103). — Histoire du Cheval (p. 113).

L'Homme (p. 121).

INTRODUCTION

A L'ÉTUDE DE LA PALÉONTOLOGIE

Définition de la Paléontologie. — La *Paléontologie*[1] a pour objet la connaissance des animaux et des plantes qui ont vécu sur la Terre, aux époques anciennes, et dont les débris ou les empreintes, désignés sous le nom de *fossiles*, se retrouvent aujourd'hui dans les différentes couches de l'écorce terrestre.

Utilité et but de la Paléontologie. — L'étude de ces fossiles nous montre que les formes animales ou végétales qui peuplaient autrefois le globe ont souvent varié dans le cours des âges; ce sont même ces variations dans la faune et dans la flore[2] terrestres qui ont permis d'établir, dans l'Histoire de la Terre, ces coupures auxquelles on a donné le nom d'*Époques géologiques*, chaque époque étant caractérisée par une faune et par une flore qui lui sont propres, et qui permettent de la distinguer des époques qui la précèdent ou qui la suivent.

On croyait autrefois que ces faunes et ces flores successives étaient indépendantes les unes des autres; mais il semble aujourd'hui démontré qu'elles se relient, au contraire, les unes aux autres, par des liens très étroits; on a découvert, en effet, de nombreuses formes de passage qui font comme un

1. Du grec : *palaios*, ancien; *onta*, êtres; *logos*, discours, étude, c'est-à-dire : étude des êtres anciens.

2. La *faune* d'une époque est l'ensemble des animaux qui vivaient à cette époque; la *flore* est l'ensemble des végétaux.

pont entre les faunes, généralement si différentes, de deux époques consécutives. De sorte qu'on est actuellement très enclin à penser qu'*il y a continuité entre les faunes* des époques successives; que les formes animales ou végétales d'une époque dérivent par transformation graduelle, lente, mais continue, des formes antérieures et, par conséquent, que la faune ou la flore actuelle ont été préparées par les faunes et les flores anciennes, comme elles préparent, elles-mêmes, les faunes et les flores futures qui sortiront d'elles.

L'étude de la *Paléontologie* est donc attrayante comme l'est toute étude qui éclaire nos origines.

Elle est, de plus, indispensable si l'on veut se rendre un compte exact de la façon dont s'est faite, à la surface du Globe, l'évolution des êtres vivants.

Difficultés que doit vaincre la Paléontologie. — Les documents, c'est-à-dire les fossiles, que la Paléontologie utilise pour faire revivre le passé, sont très rares. C'est qu'il a fallu, en effet, des conditions toutes particulières, en quelque sorte exceptionnelles, pour que le corps des animaux ou les organes des plantes pussent se conserver dans les couches sédimentaires. En général, les parties molles ont disparu sans laisser de traces; seules, les parties dures ont pu, *dans quelques cas*, nous parvenir; aussi comprend-on combien, dans ces conditions, doit être faible le nombre des êtres dont il nous est possible d'observer et d'étudier les restes.

Si l'on songe, en outre, que non seulement les restes fossilisés des êtres anciens sont rares et incomplets, mais que, fréquemment, ils sont encore enfouis pêle-mêle dans le sol; que les fragments du squelette d'un animal, par exemple, se retrouvent rarement réunis en un même point; qu'ils sont, le plus souvent, épars, dispersés sur un large espace et, par surcroît, mélangés à d'autres ossements provenant d'animaux très divers, on est en droit de se demander comment les géologues ont pu débrouiller un écheveau aussi compliqué et arriver à reconstituer, ainsi qu'ils l'ont fait, les faunes et les flores des âges passés.

Découverte des méthodes utilisées en Paléontologie. — C'est à Georges Cuvier[1] que revient l'honneur d'avoir mis de

1. Georges Cuvier, né à Montbéliard en 1769, mort à Paris en 1832.

l'ordre dans l'étude des fossiles, et d'avoir découvert la méthode féconde grâce à laquelle la Paléontologie est entrée dans une voie vraiment scientifique. Pour bien faire comprendre en quoi consiste cette méthode, nous n'avons qu'à laisser la parole à Cuvier lui-même.

Au début de son ouvrage sur les *Ossements fossiles* [1], il commence par poser les données du difficile problème qu'il s'était proposé de résoudre, et qui n'était autre que la reconstitution des squelettes des animaux dont les débris se trouvaient alors abondants [2], mais épars, dans les carrières de gypse de Montmartre.

« Dans mon ouvrage sur les *Ossements fossiles*, dit-il, je me suis proposé de reconnaître à quels animaux appartiennent les débris osseux dont les couches superficielles du globe sont remplies. C'était chercher à parcourir une route où l'on n'avait encore hasardé que quelques pas. Antiquaire d'une nouvelle espèce, il me fallait apprendre à la fois à restaurer ces monuments des révolutions [3] passées et à en déchiffrer le sens; j'eus à recueillir et à rapprocher dans leur ordre primitif les fragments dont ils se composaient, à reconstruire les êtres antiques auxquels ces fragments appartenaient, à les reproduire avec leurs proportions et leurs caractères, à les comparer enfin à ceux qui vivent aujourd'hui à la surface du globe; art presque inconnu, et qui supposait une science à peine effleurée auparavant, celle des lois qui président aux coexistences des formes des diverses parties dans les êtres organisés. Je dus donc me préparer à ces recherches par des recherches bien plus longues sur les animaux existants; une revue presque générale de la création actuelle pouvait seule donner un caractère de démonstration à mes résultats sur cette création ancienne, mais elle devait en même temps me donner un grand ensemble de règles et de rapports non moins démon-

1. Georges Cuvier : *Recherches sur les Ossements fossiles. Discours sur les Révolutions du Globe*. Tome I.

2. Nous avons dit (p. 6) que les débris fossilisés étaient rares; nous disons ici qu'ils sont abondants. La contradiction n'est qu'apparente : les *espèces* fossilisées sont rares, puisqu'il n'y a guère que celles qui possédaient des parties dures qui ont été conservées; mais leurs débris peuvent, sur certains points, être très abondants.

3. Nous verrons, p. 137, ce qu'il faut entendre par le mot « révolutions » qu'emploie Cuvier.

trés, et le règne entier des animaux ne pouvait manquer de se trouver en quelque sorte soumis à des lois nouvelles, à l'occasion de cet essai sur une petite partie de la terre. »

On voit que pour pouvoir comprendre les formes anciennes, Cuvier entreprit tout d'abord l'étude comparative des animaux vivants. Cette étude l'amena à poser deux principes importants, qui lui permirent de tirer des conclusions extrêmement remarquables pour l'époque à laquelle il les formulait; ce sont :

1° Le *principe de la subordination des caractères*, sur lequel repose toute sa classification, principe grâce auquel Cuvier parvint à établir une sorte de hiérarchie des caractères pouvant servir à grouper rationnellement les espèces.

2° Le *principe de la corrélation des formes*, qui lui permit de reconnaître que les différentes parties d'un animal sont, les unes par rapport aux autres, dans une dépendance telle que si l'une d'elles vient à varier, *toutes les autres subissent des modifications correspondantes*.

« Tout être organisé, dit Cuvier, forme un ensemble dont les parties se correspondent mutuellement et concourent à la même action définitive par une action réciproque. Aucune de ces parties ne peut changer sans que les autres changent aussi; et par conséquent chacune d'elles, prise séparément, indique et donne toutes les autres.

« Si les intestins d'un animal sont organisés de manière à ne digérer que de la chair, et de la chair récente, il faut aussi que ses mâchoires soient construites pour dévorer une proie, ses griffes pour la saisir et la déchirer, ses dents pour la couper et la diviser, le système entier de ses mouvements pour la poursuivre et pour l'atteindre, ses organes des sens pour l'apercevoir de loin.

« Pour que la mâchoire puisse saisir, il lui faut une certaine forme de condyle, un certain rapport entre les positions de la résistance et celle de la puissance avec le point d'appui[1], un certain volume dans le muscle qui la meut et une certaine étendue dans la fosse qui reçoit ce muscle, ainsi qu'une cer-

1. On sait qu'une mâchoire est un véritable levier et que, dans tout levier, il existe trois points remarquables qui sont les points d'application de la puissance et de la résistance, et le point d'appui (Voir Drincourt, *Physique*, Classe de Seconde A, B, C, D, p. 13. Librairie Armand Colin).

taine convexité de l'arcade zygomatique sous laquelle il passe.

« Pour que l'animal puisse emporter sa proie, il lui faut une certaine vigueur dans les muscles qui soulèvent la tête, d'où résulte une forme déterminée dans les vertèbres où ces muscles ont leur attache et dans l'occiput où ils s'insèrent.

« Pour que les dents puissent couper la chair, il faut qu'elles soient tranchantes et qu'elles le soient plus ou moins selon qu'elles auront plus ou moins exclusivement de la chair à couper. Leur base devra être d'autant plus solide qu'elles auront plus d'os, et de plus gros os à briser.

« Pour que les griffes puissent saisir cette proie, il faudra une certaine mobilité dans les doigts, une certaine force dans les ongles, d'où résulteront des formes déterminées dans toutes les phalanges, et des distributions nécessaires de muscles et de tendons....

« Les os de l'épaule devront avoir un certain degré de fermeté dans les animaux qui emploient leurs bras pour saisir, et il en résultera encore pour eux des formes particulières. Le jeu de toutes ces parties exigera dans tous leurs muscles de certaines proportions et les impressions de ces muscles, ainsi proportionnés, détermineront encore plus particulièrement les formes des os.

« Il est aisé de voir que l'on peut tirer des conclusions semblables pour les extrémités postérieures qui contribuent à la rapidité des mouvements généraux; pour la composition du tronc et la forme des vertèbres qui influent sur la facilité, la flexibilité de ces mouvements; pour les formes des os du nez, de l'orbite, de l'oreille, dont les rapports avec la perfection des sens de l'odorat, de la vue et de l'ouïe sont évidents.

« *En un mot, la forme de la dent entraine la forme du condyle, celle de l'omoplate, celle des ongles, etc. De même, l'ongle, l'omoplate, le condyle, le fémur et tous les autres os, pris chacun séparément, donnent la dent ou se donnent réciproquement. En commençant par l'un quelconque des os, celui qui posséderait rationnellement les lois de l'économie organique pourrait donc refaire tout l'animal.* »

Il est impossible d'exprimer avec plus de netteté les relations qui doivent toujours exister entre le mode d'existence d'un animal et la conformation générale de ses organes. On

sait aujourd'hui que cette saisissante *corrélation des formes* est le résultat de ce qu'on appelle l'*adaptation* [1].

Cuvier appliqua ce principe, qu'il formulait d'une façon si nette et si précise, à l'étude des ossements fossiles du gypse de Montmartre, et il montra comment, avec quelques fragments des os d'un animal, il était possible de reconstituer son squelette entier, et même de deviner l'aspect que devait avoir l'animal, de son vivant.

Le retentissement des découvertes de Cuvier fut immense : botanistes, zoologistes et paléontologistes du monde entier s'engagèrent à l'envi dans la voie que Cuvier venait d'ouvrir, et, généralisant les résultats qu'il avait acquis, étendant à tout le règne animal et à tout le règne végétal les principes qu'il avait posés, arrivèrent par ce moyen à reconstituer très vite les faunes et les flores des premiers âges du Globe.

1. Nous expliquerons d'une façon plus précise, page 139, en quoi consiste l'*adaptation* et quelle est la cause probable de cette remarquable harmonie qui existe entre les organismes actuels, leur genre de vie et les conditions extérieures au milieu desquelles ils vivent.

COURS DE SCIENCES NATURELLES

PALÉONTOLOGIE ANIMALE

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

CLASSIFICATION DES COUCHES SÉDIMENTAIRES

Afin de ne pas s'égarer au milieu de l'énorme quantité d'assises qui se superposent pour constituer l'écorce terrestre, il a fallu les classer, c'est-à-dire en former des groupes dans lesquels chaque assise, chaque couche, chaque *strate*, ait une place bien déterminée. C'est ce qu'ont permis de faire les règles fondamentales de la STRATIGRAPHIE [1].

On a donc réuni plusieurs *Couches* ou *Strates* pour en faire une *Assise;* plusieurs assises donnent un *Étage*, et un groupe d'étages constitue un *Terrain*.

Mais, pour se déposer, chacun de ces groupes a exigé un certain temps. Le temps nécessaire à la formation de plusieurs terrains s'est appelé une *Ère*. Le temps employé au dépôt d'*un* terrain est une *Période*, et celui qui a été consacré à la formation d'un étage se nomme une *Époque*.

On admet qu'il y a eu, dans la vie du Globe, cinq ères successives, qui sont les *ères primitive, primaire, secondaire, tertiaire* et *quaternaire*, pendant lesquelles se sont constitués les *terrains primitif, primaire, secondaire, tertiaire* et *quaternaire*.

Ère et terrains primitifs. — A la base des terrains sédimentaires, se trouvent les roches cristallines, c'est-à-dire qui sont formées d'un enchevêtrement de cristaux de nature variée.

1. COLOMB et HOULBERT, *Géologie*, Classe de Seconde, p. 50 et suiv. Librairie Armand Colin.

C'est, en général, par le granite que la série débute; ensuite viennent des schistes cristallins[1] de toute nature. Ces schistes *ne renferment aucun fossile.*

Ère et terrains primaires. — Avec l'ère primaire apparaissent les premiers êtres vivants *connus*[2]. Les plus abondants et les plus caractéristiques sont des *Crustacés* nommés *Trilobites* (fig. 1).

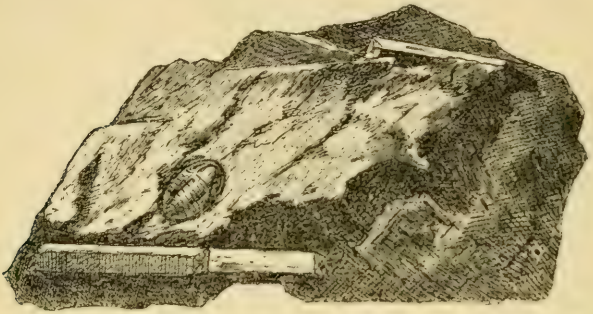


Fig. 1. — Un trilobite en place dans un schiste primaire.

Les sédiments de cette époque forment une succession de couches fortement bouleversées par des mouvements ultérieurs du sol, et modifiées par la fréquence des phénomènes éruptifs. Ces sédiments se sont déposés, à l'origine, dans des océans largement ouverts; puis, au moins dans nos régions, ils ont subi un mouvement d'exhaussement, à la suite duquel, étant sortis de l'eau, ils ont fini par constituer de vastes continents.

Cette première phase de la formation du sol appartient à l'*ère primaire;* un grand mouvement d'affaissement la termine et immerge de nouveau les parties récemment émergées.

Ère et terrains secondaires. — Alors, une seconde ère de sédimentation s'ouvre, pendant laquelle des terrains nouveaux se déposent au fond de mers tranquilles: ils sont en discordance très nette avec ceux de la série précédente[3]. Ils ne

1. *Schistes cristallins*, roches cristallines dans lesquelles les cristaux constitutifs sont disposés par couches, ce qui donne à la roche un aspect *schisteux*, c'est-à-dire feuilleté. Ex. : gneiss, micaschistes, schistes amphiboliques, etc.

2. Car, de ce qu'on n'en trouve pas dans les sédiments antérieurs à l'Ère primaire, il ne s'ensuit pas qu'il n'ait point existé d'êtres vivants avant cette époque. Les conditions de la fossilisation ont dû être si rarement réalisées que nous ne connaissons certainement qu'une très faible partie des faunes et des flores anciennes.

3. On dit que des couches sont en discordance de stratification avec d'autres, quand les premières ont été relevées par un mouvement du sol, avant que les secondes se déposent horizontalement sur elles.

subiront d'ailleurs, postérieurement à leur dépôt, aucun déplacement important.

Cette longue période de calme, que les phénomènes volcaniques n'ont pas troublée, du moins en Europe, constitue l'*ère secondaire;* elle a vu le maximum d'extension de certains vertébrés tels que les *reptiles*, et de certains *mollusques céphalopodes* comme les *Ammonites* (fig. 2) et les *Bélemnites*.

Fig. 2. — Une ammonite des terrains secondaires.

Ère et terrains tertiaires. — Une troisième époque, caractérisée par de puissants bouleversements de l'écorce terrestre, succède au calme relatif des temps secondaires; l'activité interne du Globe se réveille avec une grande intensité, et de nouveaux mouvements du sol ramènent la mer sur les régions émergées; les sédiments qu'elle dépose recouvrent les sédiments secondaires et sont presque partout en discordance avec eux; l'ensemble de ces dépôts constitue les *terrains tertiaires*, caractérisés par l'abondance des *mammifères* (fig. 3).

Fig. 3. — Une dent de mammifère (molaire de Dinothérium) découverte dans les terrains tertiaires.

Fig. 4. — Tibia humain de l'ère quaternaire.

Ère quaternaire. — Cette ère est la nôtre. Son début, marqué par une extension considérable des glaciers, coïncide approximativement avec l'apparition de l'*Homme* sur la Terre (fig. 4), et elle se prolonge jusque dans les temps actuels.

Subdivisions des ères géologiques. — Nous donnons, ci-contre, un tableau qui résume les principales divisions et subdivisions des ères ou des périodes, ainsi que celles des terrains qui leur correspondent.

Tableau résumé des périodes géologiques [1].

(*Ce tableau doit se lire de bas en haut.*)

V

ÈRE QUATERNAIRE

Caractérisée par l'apparition de l'*Homme* et l'évolution des *sociétés humaines*.

Cette époque se subdivise en..... { 2° **Actuelle**. / 1° **Pléistocène**.

IV

ÈRE TERTIAIRE

Règne des *Mammifères*.
Apparition des *plantes actuelles*.

Dépôt des TERRAINS TERTIAIRES ou NÉOZOÏQUES. { 2° **Néogène**..... { *Pliocène*. / *Miocène*. / 1° **Éogène**..... { *Oligocène*, / *Éocène*.

III

ÈRE SECONDAIRE

Règne des *Reptiles* et des *Ammonites*.
Gymnospermes et premières *Phanérogames*.

Dépôt des TERRAINS SECONDAIRES ou MÉSOZOÏQUES. { 3. *Crétacé*. / 2. *Jurassique*. / 1. *Triasique*.

II

ÈRE PRIMAIRE

Règne des *Trilobites* (Crustacés).
Abondance des *Cryptogames vasculaires*.

Dépôt des TERRAINS PRIMAIRES ou PALÉOZOÏQUES. { 5. *Permien*. / 4. *Carbonifère*. / 3. *Dévonien* / 2. *Silurien*. / 1. *Précambrien*.

I

ÈRE PRIMITIVE

Pas de fossiles.

Formation des TERRAINS PRIMITIFS ou AZOÏQUES. { *Archéen*. Succession de schistes cristallins. { Micaschistes. / Gneiss.

1. Il est bien entendu que ce tableau n'est là qu'à titre de renseignement, afin que si, dans le cours de l'ouvrage, il est par exemple question d'*oligocène* ou de *trias*, on puisse s'y reporter pour savoir ce que ces termes désignent.

CHAPITRE PREMIER

IDÉE GÉNÉRALE DE LA CONFIGURATION DES MERS ET DES CONTINENTS DURANT LES PÉRIODES PRIMAIRE, SECONDAIRE ET TERTIAIRE. — CHANGEMENTS DES CLIMATS

1° LES PLISSEMENTS DE L'ÉCORCE

Formation des plis dans l'écorce terrestre. — On sait[1] que, selon toute vraisemblance, la Terre est formée d'un noyau central, incandescent, de matières à l'état de fusion ignée, et que ce noyau est complètement enveloppé d'une mince croûte solide qu'on nomme l'*écorce terrestre*.

Constamment, la Terre rayonne vers les espaces une partie de la chaleur qui lui est propre : elle se refroidit donc ; mais comme, pour un même abaissement de température, les liquides se contractent plus que les solides, le noyau central, liquide, diminue de volume, par le refroidissement, plus que ne le fait la croûte solide. Il en résulte que celle-ci, pour conserver le contact avec le noyau qu'elle recouvre, est obligée de se plisser, comme fait la peau d'une pomme dont l'intérieur se dessèche. Les plis saillants de l'écorce ont constitué les chaînes de montagnes et les continents ; les plis creux ou *rides* sont devenus les fonds de mers.

Les zones de plissements ne sont pas limitées aux plis proprement dits. — Il ne faudrait pas s'imaginer qu'un pli, dans l'écorce terrestre, se réduise à une simple ligne de hauteurs. Sans doute, il y a toujours une ligne culminante qui est comme l'axe du pli ; mais les deux versants de cet axe se prolongent souvent à de grandes distances par des zones qui peuvent présenter l'aspect de plaines, mais qui, bien que plates et horizontales, n'en ont pas moins été englobées dans la formation du pli, et ont subi, de ce fait, un exhaussement sensible. Aussi, beaucoup de régions de plaines font-elles géologiquement partie de systèmes montagneux, parce qu'elles ont été exhaussées et sont sorties de la mer pour devenir

1. Voir Colomb et Houlbert, *Géologie* (Phénomènes actuels), classes de 5e B et de 4e A, p. 123 et suivantes. Librairie Armand Colin.

continentales au moment de la surrection d'un massif de montagnes.

Un pli résulte d'une poussée latérale. — D'autre part, ce n'est pas, ainsi qu'on le croyait autrefois, une poussée interne, verticale, de bas en haut, qui provoque l'apparition d'un massif montagneux : c'est une poussée *latérale* : et si l'on veut se convaincre qu'une poussée de ce genre peut amener la formation d'un pli, on n'a qu'à pousser, avec un doigt de sa main droite, la peau de sa main gauche, on voit que le refoulement produit sur la peau, en avant du doigt qui exerce la poussée, toute une série de plis, très comparables à ceux qui apparaissent sur l'écorce terrestre.

L'apparition d'un pli n'est pas subite. — Enfin, l'étude attentive des couches sédimentaires dans les régions disloquées par les plissements montre que la formation d'une chaîne de montagnes n'est pas un accident brusque. Il a fallu, en général, une nombreuse série d'efforts, de pressions, de refoulements superficiels, s'exerçant pendant un temps extrêmement long, pour produire les puissants reliefs du Jura, des Pyrénées ou des Alpes. Il est, le plus souvent, très difficile, sinon impossible, de déterminer la date de ces divers mouvements : seul, le dernier peut, dans certains cas, être fixé avec quelque certitude : il s'ensuit que ce que l'on appelle l'âge d'un massif montagneux, c'est ordinairement l'âge de la dernière dislocation.

Les plissements principaux de l'écorce terrestre. — Ces préliminaires posés, nous pouvons dès à présent dire que les continents de l'hémisphère boréal, au moins en ce qui concerne la région européenne, doivent leur formation à quatre plissements successifs qui ont donné naissance, dans le cours des temps géologiques, à quatre grandes chaînes de montagnes presque parallèles dans leur direction générale :

1° Le premier plissement a eu lieu avant le dépôt des sédiments précambriens [1] : c'est la *chaîne huronienne*.

2° Le deuxième s'est produit pendant la formation des terrains siluriens, et a formé la *chaîne calédonienne*.

3° Le troisième, vers la fin de la période carbonifère, a fait apparaître la *chaîne hercynienne* ou *armoricaine*.

1. Voir le tableau de la page 14.

4° Enfin, le quatrième, vers le milieu des temps tertiaires, a donné la *chaîne alpine*.

1er Plissement : Le continent huronien. — Si nous examinons la distribution des dépôts précambriens, nous voyons que, en France et dans l'Europe centrale, tous ces dépôts sont formés de schistes à grain fin, ce qui est l'indice d'une formation s'étant effectuée loin des rivages, au sein d'une mer tranquille. Dans les régions septentrionales de l'Europe, au contraire, les dépôts précambriens sont faits de galets et de grès, ce qui caractérise une formation littorale.

Donc, pendant la période précambrienne, il y avait une mer à la place qu'occupent actuellement la France et l'Europe centrale, et cette mer poussait ses vagues contre les falaises d'un continent situé dans les régions boréales.

Ce continent, aux côtes abruptes[1], s'étendait depuis les bords du lac Huron (Amérique du Nord) jusqu'en Asie. Il était dû à un premier plissement de l'écorce terrestre, plissement qui avait donné naissance à une longue chaîne de hauteurs contre lesquelles venait déferler la mer précambrienne. On a donné à cette chaîne le nom de *chaîne huronienne*.

Au sud du continent huronien s'étendait une mer largement ouverte, au milieu de laquelle émergeaient quelques grandes îles, telles que la Bretagne, le Plateau Central et la Bohême (fig. 5, carte n° 1).

Plus tard, ce continent boréal s'est disloqué : le Canada ainsi que le Groënland en sont les derniers vestiges[2].

2e Plissement : Le continent calédonien. — Vers la fin de la période silurienne, un nouveau pli se dessine au sud du rivage huronien ; cette deuxième zone de plissements intéresse, cette fois, les États-Unis, l'Écosse et la Scandinavie (fig. 5) ; on lui donne le nom de *chaîne calédonienne*[3]. *Une large bande de terre ferme, comprise entre l'ancienne chaîne huronienne et la nouvelle chaîne calédonienne, a été exhaussée, s'est ajoutée à l'ancien continent précambrien et l'a élargi vers le sud.* La présence de

1. Les galets qu'on trouve le long de cet ancien rivage indiquent qu'il y avait des falaises que la mer démolissait.

2. On ne saurait étudier sérieusement la Géologie sans avoir toujours devant soi un atlas contenant de bonnes cartes de Géographie physique. Voir Atlas Vidal-Lablache, *Classe de Seconde*, carte n° 52b-c. Librairie Armand Colin.

3. De *Calédonie*, ancien nom de l'Écosse.

roches éruptives traversant les sédiments précambriens et siluriens, et même l'existence de véritables volcans éteints en Écosse, nous montrent clairement qu'à cette époque, la chaîne calédonienne était le théâtre de manifestations volcaniques importantes. Cette chaîne ne s'était pas, en effet,

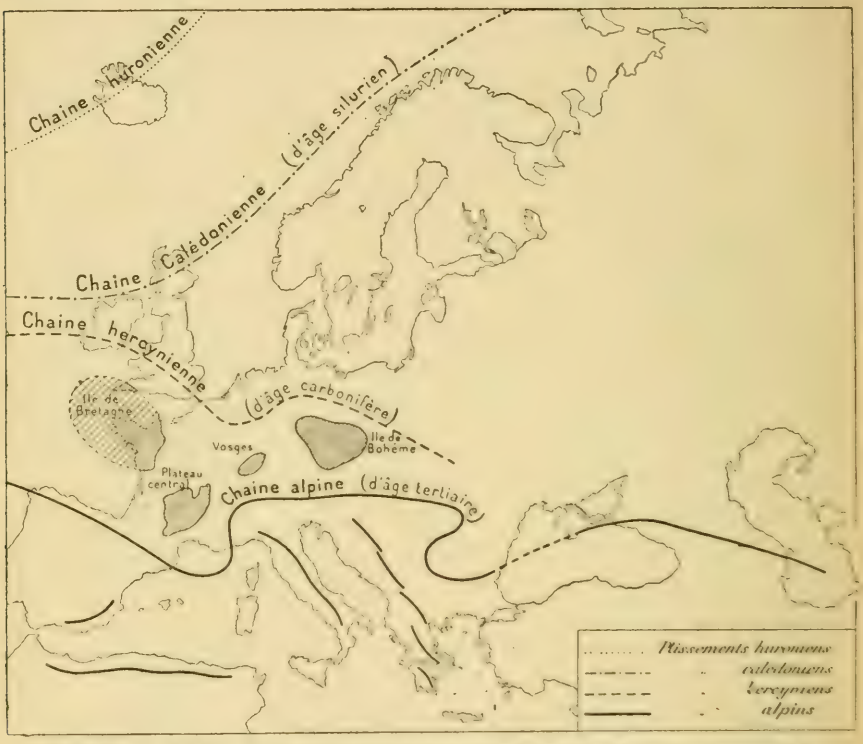


Fig. 5. — (Carte n° 1) Plissements successifs de l'écorce terrestre.
Dans cette carte, comme dans la plupart des suivantes on a, pour servir de repère, tracé la silhouette des terres et des mers actuelles. Quant aux plissements eux-mêmes, ils avaient soulevé le sol sur une grande étendue, des deux côtés des lignes marquées sur la carte.

formée sans qu'il en soit résulté des cassures dont profitaient les matières en fusion de l'intérieur pour s'épancher au dehors.

Les monts Alleghanys en Amérique, les Grampians en Écosse, sont les restes de cette chaîne calédonienne aujourd'hui démantelée.

3e Plissement : Le continent hercynien. — A l'époque carbonifère, un troisième pli se forme encore au sud de la chaîne

calédonienne, mais *l'espace compris entre cette nouvelle chaîne et l'ancienne reste en partie couvert par les eaux*, et c'est dans cette sorte de grand fossé, très largement ouvert vers l'est (fig. 5), que s'accumulent la plupart des dépôts de houille qui caractérisent cette époque. La ligne de relief qui prend ainsi naissance a reçu le nom de *chaîne hercynienne*[1], du nom de l'ancienne Germanie.

Avec le plissement qui donna naissance à la chaîne hercynienne, se terminent les mouvements du sol contemporains de l'ère primaire.

4e Plissement : Le continent alpin. — Les temps secondaires représentent pour l'Europe une période de tranquillité ; on n'y signale pas de mouvements violents du sol. Mais, vers le milieu de l'époque tertiaire, de nouvelles dislocations se produisent ; une poussée formidable, venue du sud, fait surgir un nouveau pli au sud de la chaîne hercynienne : c'est la *chaîne alpine*, qui s'étend depuis les Pyrénées tout le long de la dépression méditerranéenne, et qui se prolonge, en Asie, par l'Himalaya (fig. 5).

Conclusion. — Ainsi donc, les terres solides qui forment l'hémisphère boréal ont pris naissance par une suite de quatre plissements successifs, apparaissant dans des régions de plus en plus méridionales ; les différentes chaînes ainsi formées sont, par conséquent, d'autant plus jeunes qu'elles sont plus voisines de la Méditerranée, et l'on est en droit de se demander, en présence de la régularité de ce phénomène, si, à l'heure actuelle, un cinquième plissement, plus méridional encore que le plissement alpin, n'est pas en préparation.

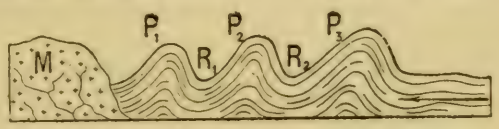


Fig. 6. — Formation par poussée latérale d'une série de plis parallèles venant s'entasser contre un buttoir immobile (M), formé par un massif montagneux déjà existant. — P_1, P_2, P_3, Plis. — R_1, R_2, Rides.

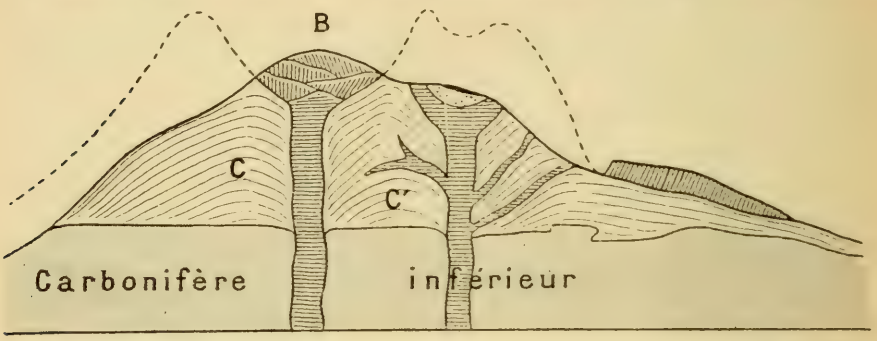
État actuel de ces différentes chaînes. — Les deux premières chaînes, c'est-à-dire la chaîne huronienne et la chaîne calédonienne, existant depuis le début des temps primaires, ont subi pendant un temps très long les effets de l'érosion. Elles ont donc été complètement démantelées, et il n'en subsiste, à l'heure actuelle, que quelques rares débris constitués par

1. On lui donne aussi le nom de *chaîne armoricaine*.

les massifs les plus résistants; et encore, ces débris ont-ils été singulièrement disloqués, parce que, *buttoirs* immobiles, ils ont parfois subi une sorte d'écrasement sous l'effort des poussées qui sont venues se briser contre eux en donnant naissance aux plissements ultérieurs (fig. 6).

Chaîne huronienne. — C'est ainsi que de la chaîne huronienne, il ne reste plus guère que le Canada, le Groënland et l'Islande.

Chaîne calédonienne. — Les vestiges de la chaîne calédonienne



——— Profil actuel. - - - - - Profil primitif probable.

Fig. 7. — État actuel du volcan primaire de Largo-Law, en Écosse (C,C', Cône de débris. — B, Laves anciennes).

sont plus nombreux et plus importants : ce sont les Grampians et les monts Scandinaves; on y retrouve même encore d'anciens volcans remarquablement conservés (fig. 7).

Chaîne hercynienne. — La chaîne armoricaine ou hercynienne ne nous présente plus actuellement que des massifs de faible altitude et isolés les uns des autres. Ils ont, cependant, encore une grande importance géographique : ce sont, en effet le *Plateau Central*, la *Bretagne*, l'*Ardenne*, les *Vosges*, la *montagne de la Serre*, les *montagnes des Maures et de l'Esterel*.

Plateau Central. — L'énorme massif de roches primitives qui occupe

Fig. 8. — Aspect du plateau central, a la fin des temps secondaires.

le centre de la France, sur une superficie de 130 000 kilomètres carrés, peut être défini d'une manière très simple : c'est un plateau de 500 mètres d'altitude, en moyenne, recouvert à sa surface d'une accumulation de roches volcaniques d'âge tertiaire.

Ce massif, émergé dès le commencement de l'ère primaire, a subi pendant un temps extrêmement long les effets de l'érosion; il s'est

donc usé, de sorte qu'à la fin des temps secondaires, il se présentait sous l'aspect d'un grand plateau très nivelé, et peu élevé au-dessus du niveau de la mer (fig. 8).

A l'époque tertiaire, à la suite de fractures occasionnées dans sa

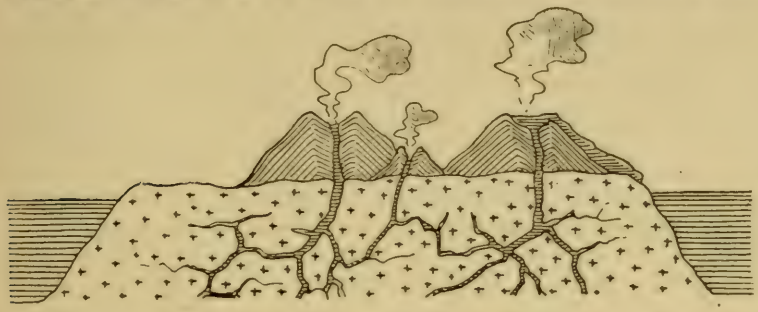


Fig. 9. — Le Plateau Central pendant l'ère tertiaire, fracturé par la poussée qui a donné naissance au plissement alpin, il livre passage aux basaltes et se couvre de volcans.

masse par les mouvements du sol qui donnèrent naissance aux Alpes, de nombreux volcans s'ouvrirent à la surface du Plateau et livrèrent passage à de puissantes coulées de basaltes et de trachytes (fig. 9). Ce sont ces coulées qui, refroidies, forment aujourd'hui les accidents montagneux que l'on désigne sous les noms de chaîne des Puys, de massifs du mont Dore (Pic Sancy, 1 885 mètres) et du Cantal (Plomb du Cantal, 1 858 mètres), de chaîne du Velay (Mézenc, 1 754 mètres); le

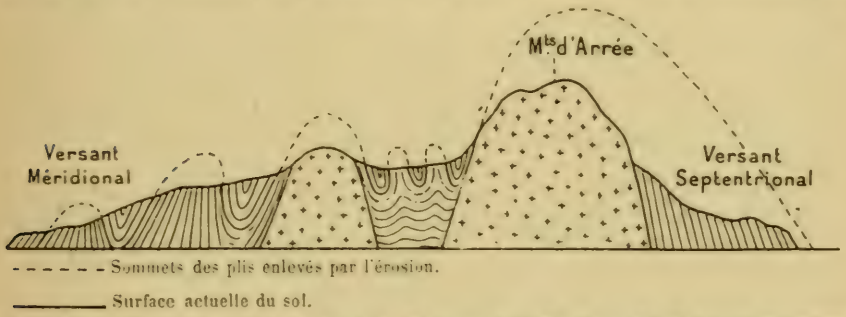


Fig. 10. — Coupe transversale de la Bretagne (du S.-O. au N.-E. pour montrer les plis parallèles produits dans les couches primaires par le refoulement hercynien et les injections de granite et de granulite qui se sont fait jour par les cassures.

cône volcanique le plus élevé, le Puy de Dôme, s'élève à 1 468 mètres au-dessus de la surface du plateau.

Bretagne. — De même que le Plateau Central, la Bretagne appartient au groupe des ridements hercyniens ; elle résulte d'une violente poussée horizontale, dirigée sensiblement du sud-ouest au nord-est, et qui, refoulant toutes les couches du massif primaire, produisit un grand

nombre de plis, parallèles entre eux, et perpendiculaires à la direction de la poussée (fig. 10), c'est-à-dire orientés de l'est à l'ouest.

Ces mouvements ne se produisirent pas sans occasionner des cassures dans lesquelles s'injectèrent d'énormes coulées de granite et de granulite. L'érosion a ensuite usé et nivelé ces plis, en faisant disparaître leurs sommets. Seules, les injections de granite, plus dures, ont résisté, et c'est pourquoi les arêtes montagneuses de l'Armorique sont presque exclusivement formées de granite.

Ardenne. — L'Ardenne est encore l'un des débris de la chaîne hercynienne. C'est une région assez élevée, mais d'altitude réduite par l'érosion qu'elle a subie, elle aussi, depuis les temps primaires; plus tard, à une époque qu'il est difficile de préciser, elle a été légèrement soulevée et inclinée vers le nord-ouest; mais le mouvement s'est fait tout d'un bloc, sans qu'il en soit résulté aucune fracture; il ne s'y est donc pas produit de manifestation volcanique, de sorte que le relief de cette région n'a été modifié par la superposition d'aucune roche éruptive.

Vosges. — La chaîne des Vosges faisait primitivement partie du massif de la Forêt-Noire dont elle était un prolongement vers l'ouest; mais, vers le milieu de l'époque tertiaire, les mouvements du sol qui aboutirent à la formation des Alpes, produisirent une longue cassure suivie d'un glissement vertical des couches (fig. 11), et c'est ainsi que prit naissance la vallée du Rhin.

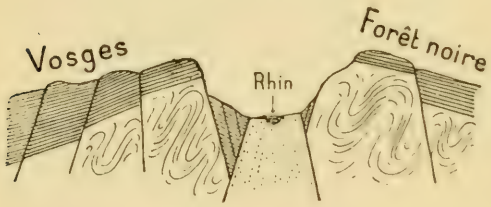


Fig. 11. — La cassure des Vosges et la formation de la vallée du Rhin.

Après que les Vosges eurent été ainsi séparées du massif dont elles faisaient partie, l'érosion les a façonnées et leur a donné leur forme si caractéristique de *ballons* arrondis.

Montagne de la Serre. — L'intérêt de cet ilot, formé de gneiss et de granite, et placé à peu près au milieu de la distance qui sépare le Morvan du massif des Vosges, réside tout entier dans ce fait qu'il prouve qu'il y avait autrefois continuité entre le Plateau Central et les Vosges; c'est un pointement granitique qui émerge des dépôts jurassiques, et qui représente très certainement le sommet d'un pic de la chaîne hercynienne, effondrée sur l'emplacement de ce détroit de Bourgogne (voir la carte n° 3, p. 25) par lequel le bassin de Paris communiquait, à l'époque du jurassique inférieur, avec le bassin du Rhône.

Montagnes des Maures et de l'Estérel [1]. — Peut-être faut-il regarder

1. Pour la situation des montagnes des Maures et de l'Esterel, voir la fig. 12, carte n° 2, p. 24.

ces montagnes comme appartenant à la série des plissements hercyniens; cependant, les mouvements du sol qui ont donné naissance au massif de l'Esterel paraissent s'être continués jusque pendant le Trias, c'est-à-dire au début des temps secondaires.

Enfin, l'analogie de ces différentes montagnes européennes avec les Appalaches d'un côté et avec l'Oural de l'autre, permet de penser que les plissements hercyniens se sont prolongés vers l'ouest, jusqu'en Amérique, et, vers l'est, jusqu'en Asie. La Meseta [1] espagnole et probablement une partie de la Corse, peut-être aussi quelques points élevés des Pyrénées, existaient sous forme d'îles en avant de cette chaîne.

Tous ces massifs, Armorique, Plateau Central (sauf les Puys), Vosges, Maures, Esterel, aujourd'hui séparés les uns des autres, ne sont donc que les débris de l'ancienne chaîne hercynienne ou de ses contreforts; leur faible relief est dû à l'usure qu'ils ont subie; quant aux intervalles qui les séparent actuellement, ils correspondent à de larges fractures, ou à des effondrements transversaux.

Montagnes d'âge tertiaire. — Tous les massifs montagneux de cette époque sont le résultat des mouvements du sol qui ont abouti à la formation des Alpes (*chaîne alpine*); comme ils se sont tous produits sur le pourtour de la dépression méditerranéenne, on désigne aussi quelquefois sous le nom de *système méditerranéen* l'ensemble des chaînes auxquelles ils ont donné lieu. Cet ensemble comprend les montagnes les plus récentes, telles que les *Pyrénées*, les *Alpes*, le *Jura*, etc. Comme ces chaînes existent encore à peu près telles qu'elles ont été dès l'origine, leur étude relève de la géographie et nous ne pouvons que renvoyer le lecteur aux ouvrages spéciaux.

2° LES VARIATIONS DES CONTINENTS ET DES MERS

Ces plissements successifs du sol ne se sont pas, nous l'avons fait observer, accomplis d'une façon subite. Tous ont été précédés d'une longue préparation pendant laquelle des régions très étendues, comprises dans l'aire de refoulement, subissaient des mouvements d'affaissement ou d'exhaussement. Ces mouvements étaient, la plupart du temps, extrêmement lents; mais ils n'en avaient pas moins pour conséquence d'amener, à la longue, d'importantes modifications dans la distribution des continents et des mers : telle partie de l'écorce, jadis fond de mer, s'exhaussait peu à peu et devenait un continent, tandis qu'ailleurs c'était l'inverse qui se produisait.

1. Massif paléozoïque, noyau de la péninsule ibérique, comme notre Plateau Central est le noyau de la France.

La France pendant les temps primaires. — C'est ainsi qu'au début de l'ère primaire, à une époque très antérieure au plissement hercynien qui devait directement affecter le sol de la future France, la Bretagne, le Plateau Central et les Vosges étaient probablement déjà émergés et formaient des

Fig. 12. — (Carte n° 2) La France au début des temps primaires (Les parties émergées sont ombrées).

îles battues par les flots de la mer précambrienne. Les Alpes et les Pyrénées elles-mêmes, qui ne devaient que très longtemps après acquérir leur relief définitif, étaient déjà indiquées par des pointements très nets de roches cristallines.

C'est autour de ces îles ou îlots que se forment les dépôts des époques précambrienne, silurienne, dévonienne et carbonifère (fig. 12, carte n° 2).

A la fin de la période carbonifère, la dernière poussée qui achève le plissement hercynien a lieu. Le sol de la France éprouve alors un mouvement général d'exhaussement qui, sans altérer la forme générale des terres émergées, fait

Fig. 13. — (Carte n° 3) La France a la fin des temps primaires (Les terrains nouvellement émergés sont couverts de hachures).

néanmoins sortir des eaux quelques-uns des sédiments qui s'étaient formés le long des rivages (fig. 13, carte n° 3).

Les continents et les mers pendant l'ère secondaire : *Période triasique.* — Le mouvement d'exhaussement du sol, conséquence du plissement hercynien, s'étant poursuivi au delà de l'ère primaire, il arriva qu'au début de la période triasique, tout l'ouest de la France devint continental (fig. 14,

carte n° 4). Le Plateau Central s'était, en effet, soudé à la

Fig. 14. — (Carte n° 4) Distribution des continents et des mers pendant la période triasique. (Dépôt du Muschelkalk. Voir p. 71, le sens de ce mot.)

Bretagne qui, elle-même, était réunie au Pays de Galles; de

sorte qu'il y avait, dans la partie occidentale de l'Europe, un vaste continent dont on connaît assez bien la côte orientale parce qu'elle est actuellement en partie émergée, mais dont les limites ouest, immergées sous l'Atlantique, nous échappent (fig. 14, carte n° 4).

A l'est de ce continent, la mer, d'abord parsemée d'îles, puis, plus loin, largement ouverte, s'étendait jusqu'en Asie. Très profonde au sud de ce qui constitue actuellement la région des Alpes, la mer déposait, en ce point, de puissantes assises de calcaire, et donnait déjà asile à de nombreuses ammonites, ces fossiles si caractéristiques des temps secondaires.

Au nord des Alpes, la mer, moins profonde, couvrait la Souabe et la Franconie; les dépôts qu'elle y a laissés sont plus variés, et les animaux qu'on y rencontre à l'état fossile diffèrent sensiblement de ceux qui vivaient sur le rivage méridional : on en a conclu que le plissement des Alpes s'ébauchait et que cette chaîne, bien qu'à l'état embryonnaire, établissait déjà une barrière rendant la communication difficile entre la région franconienne et la région sud-alpine[1].

Enfin, dans le nord de la France et en Angleterre, où la mer était très peu profonde, il ne s'est formé que des dépôts lagunaires ou littoraux.

Fin de la période triasique. — La période triasique prend fin par un affaissement qui affecte le sol de la France et modifie profondément la distribution des mers et des continents : la mer, empiétant vers l'ouest, revient, en effet, envahir toutes les dépressions qui existaient entre les massifs primaires (fig. 15, carte n° 5, et fig. 16, carte n° 6). La Bretagne reste toujours réunie à l'Angleterre, mais le Plateau Central, les Alpes, les Vosges, l'Ardenne et la Bohême sont réduites à l'état de grandes îles, au sein d'une mer largement ouverte vers l'est et vers le midi : la plus grande partie de l'Europe constitue donc une sorte d'archipel.

La France pendant les époques jurassique et crétacée. — 1° *Époque jurassique.* — A la suite du mouvement d'affaisse-

1. Nous verrons (p. 35) que les différences qui existent entre les faunes des régions franconienne et alpine sont aussi et peut-être *surtout* dues à une autre cause.

ment dont il vient d'être question, les trois grands bassins de sédimentation déjà figurés sur la carte n° 3 (fig. 13, p. 25) : bassin de Paris, bassin d'Aquitaine et bassin du Rhône, sont rétablis presque dans les mêmes limites qu'à la fin des temps primaires (voir la fig. 16, carte n° 6). Ces bassins com-

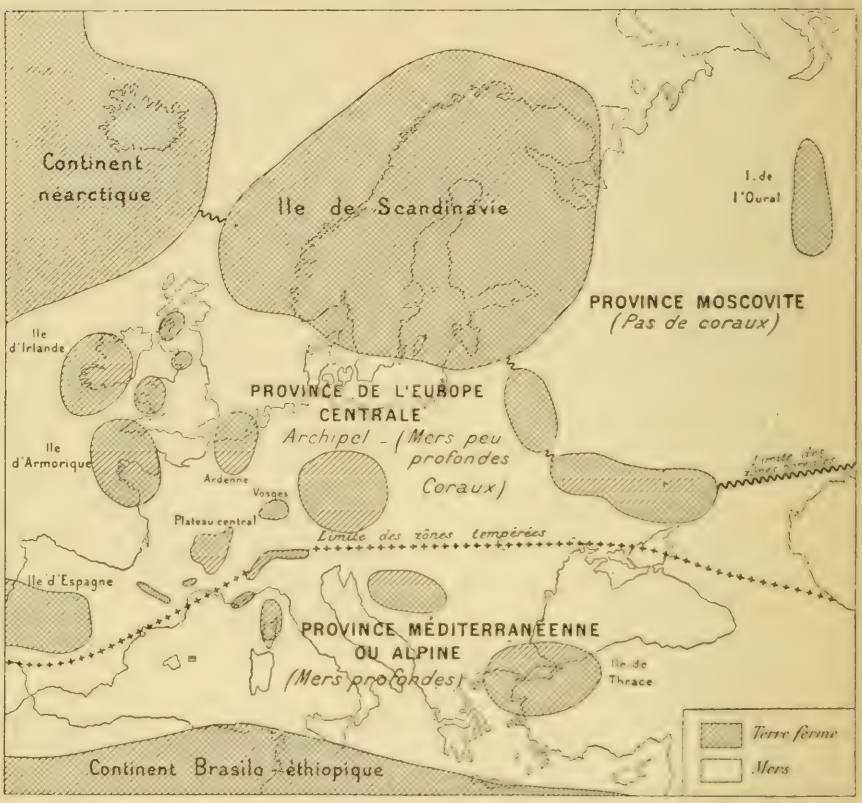


Fig. 15. — (Carte n° 5) Distribution des terres et des mers vers le milieu de l'époque jurassique (Portion centrale de la carte n° 8, fig. 18).

muniquent tout d'abord entre eux par de larges détroits : détroit du Poitou, détroit de la Côte d'Or, détroit du Languedoc, de sorte que les eaux de la Méditerranée peuvent encore se mêler facilement aux eaux des mers des régions septentrionales.

Vers le milieu des temps jurassiques, un exhaussement lent se produit : les mers diminuent d'étendue, et, se retirant petit à petit vers le centre de chacun des trois bassins, laissent à découvert, sur leur pourtour, des bandes concentriques des

sédiments qu'elles y avaient déposés sur les roches paléozoïques formant rivages.

Le retrait de la mer continuant à se faire régulièrement, il s'ensuivit que les détroits, qui constituaient des lignes de hauts fonds, furent de bonne heure asséchés, et que le Plateau Central se trouva soudé, d'un côté à la Bretagne par l'isthme du Poitou, de l'autre aux Vosges par l'isthme de la Bourgogne (fig. 17, carte n° 7, p. 30); à ce moment, les trois bassins étaient isolés les uns des autres et enveloppés par une ceinture continue de sédiments s'échelonnant du primaire au jurassique.

Fig. 16. — (Carte n° 6) Distribution des continents et des mers au commencement de l'époque jurassique (Comparer cette carte à la carte n° 3, p. 25).

2° *Époque crétacée.* — A la fin des temps jurassiques, le sol de la France est presque entièrement émergé.

A l'époque crétacée, un nouveau mouvement d'affaissement ramène la mer dans les limites qu'elle occupait au jurassique moyen, c'est-à-dire qu'elle remplit à nouveau les trois grands bassins de sédimentation. Les oscillations du fond de cette mer crétacée furent telles, qu'à certains moments elle déborda jusque sur les dépôts du Jurassique, et que les détroits de la Côte d'Or et du Poitou se rouvrirent : mais ce mouvement d'affaissement fut de courte durée, et, dans leur ensemble, les dépôts crétacés occupent, en général, la partie centrale de chacun des trois grands bassins où ils couvrent un espace beaucoup moins étendu que les sédiments jurassiques sur lesquels ils reposent et qui les encadrent.

A ce moment (voir la fig. 17, p. 30), tandis que le bassin de Paris s'ouvrait du côté de la mer du Nord [1], le bassin

1. Dans la carte n° 17, il faut, pour se rendre compte de l'étendue des mers crétacées, supprimer, par la pensée, toutes les parties couvertes de hachures verticales.

d'Aquitaine et le bassin du Rhône communiquaient facilement du côté du sud avec la Méditerranée. Les conditions climatériques et, par conséquent, biologiques n'étant plus les mêmes dans ces différents bassins isolés les uns des

Fig. 17. — (Carte n° 7) La France a la fin des temps secondaires et au début des temps tertiaires.

autres, on devine qu'ils durent se peupler d'animaux fort différents et que les dépôts qui s'y effectuaient devaient être fort dissemblables. En effet, tandis que la craie se déposait dans le bassin de Paris, les rudistes[1] vivaient dans le midi, où ils édifiaient des sortes de récifs qui ont donné naissance à

1. Mollusques lamellibranches d'une forme particulière (voir p. 77).

de puissantes assises de calcaires compacts, ne ressemblant en rien à la craie tendre des régions plus septentrionales et qui cependant leur est contemporaine.

Enfin, la période crétacée s'achève par une émersion de plus en plus complète du sol de la France : les détroits de la Côte-d'Or et du Poitou se sont refermés définitivement ; ce dernier s'exhausse même tellement que, pendant l'ère tertiaire, lorsque les eaux de la mer envahiront de nouveau le bassin

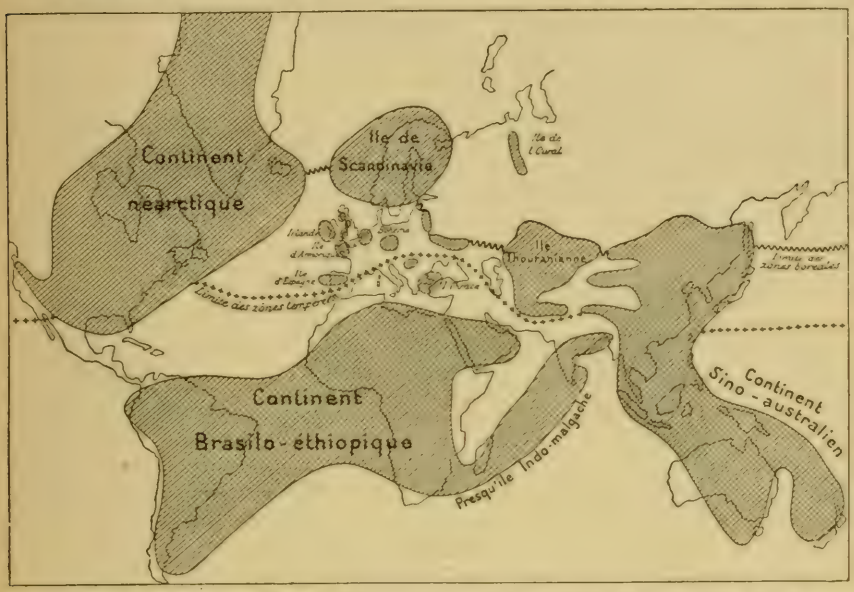


Fig. 18. — (Carte n° 8) Répartition des continents et des mers, vers le milieu de l'époque jurassique.
(La silhouette des continents actuels est visible sous les continents jurassiques.)

de Paris, la pénétration ne pourra plus se faire par là ; elle aura lieu plus au nord, par la région de la basse Loire et par la vallée de la Vilaine.

Le dessin du sol français est donc déjà presque achevé à la fin des temps secondaires (fig. 17) ; les mers, très réduites, ne formeront plus, à l'époque tertiaire, que trois golfes étroits, occupant le centre de chacun des anciens grands bassins. Les détroits qui séparaient le Plateau Central de la Bretagne d'une part et des Vosges de l'autre, ont été comblés par les sédiments, de sorte que ces trois massifs paléozoïques sont maintenant soudés.

Les grands continents secondaires. — Si nous cherchons maintenant à savoir quelle était la distribution des continents et des mers dans les régions du globe autres que la France, pendant les temps secondaires, la carte n° 8 (fig. 18) nous montrera qu'il existait, vers le milieu de l'époque jurassique, trois grands massifs de terre ferme.

1° Au nord, le continent *néarctique* comprenait une grande partie de l'Amérique du Nord et de l'océan Atlantique, le Groënland et l'Islande; un bras de mer très étroit séparait ce continent de la grande île de Scandinavie.

2° Au sud, le continent *brasilo-éthiopique* embrassait presque

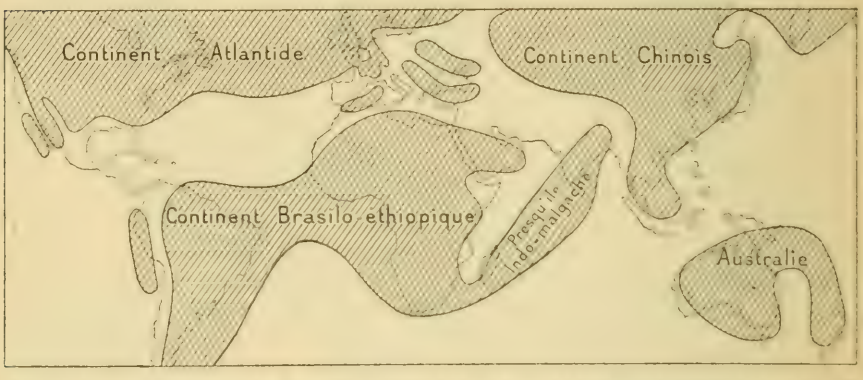


Fig. 19. — (Carte n° 9) Allure générale des grands continents a la fin du jurassique, au moment de la séparation de l'Australie.

toute l'Amérique méridionale et l'Afrique et se prolongeait jusque dans l'Inde par la presqu'île indo-malgache.

3° Enfin, à l'est, se trouvait le continent *sino-australien*, dans lequel étaient englobés le sud-est de l'Asie, les îles de la Sonde et l'Australie.

Ces conditions persistèrent pendant toute la durée de la période; le seul changement important qu'il soit nécessaire de signaler, c'est, vers la fin du Jurassique, la séparation de l'Australie d'avec le continent asiatique, son isolement, par conséquent, et la réunion de l'Amérique du Nord à l'Europe (fig. 19, carte n° 9).

Les continents et les mers à l'époque tertiaire. — Les mouvements du sol, d'une très grande puissance, qui ont disloqué la croûte terrestre pendant l'ère tertiaire, la longue série

d'efforts, de poussées et, par suite, de plissements, qui ont abouti à la formation des Pyrénées, des Alpes et des chaînes secondaires, telles que l'Atlas algérien et les Apennins, ont nécessairement donné lieu à de nombreuses oscillations des fonds de mers et à des déplacements assez importants des lignes de rivage.

Cependant, il faut noter la persistance remarquable des trois grands bassins de sédimentation que nous avons vus se former en France pendant l'époque secondaire, c'est-à-dire du bassin parisien, du bassin d'Aquitaine et du bassin du Rhône (voir la carte n° 7, p. 30).

Époque éocène. — Vers la fin de l'époque éocène [1], un mouvement d'exhaussement du sol se produit, et il ne reste plus, dans la région de Paris, qu'un grand lac salé, sur le bord duquel vivent de nombreux mammifères. En s'évaporant, les eaux du lac parisien laissent déposer le gypse au milieu duquel des ossements des mammifères se retrouvent aujourd'hui si nombreux.

Époque oligocène. — A l'époque oligocène [1], la mer revient à peu près dans les mêmes limites, en même temps qu'un large détroit s'ouvre sur l'emplacement de la vallée du Rhin : puis la mer se retire encore, en abandonnant sur le sol de la France un grand nombre de lacs, dans lesquels se déversent de nombreux cours d'eau : déjà le réseau hydrographique de la France se dessine ; il se fixera et s'achèvera définitivement à l'époque quaternaire.

Époque miocène. — Au début du miocène [1], un nouveau mouvement d'affaissement ramène la mer dans les mêmes bassins ; mais, cette fois, elle ne peut plus pénétrer jusque dans le bassin de Paris ; elle forme seulement un grand golfe dans la région de la Bretagne et de la Vendée.

Ce mouvement d'affaissement ne se limite pas à la France : il s'étend au continent brasilo-éthiopique (voir la carte n° 9, fig. 19) dont la partie moyenne s'enfonce sous les eaux, séparant l'Afrique de l'Amérique du Sud ; les îles Açores, les Canaries, les îles du Cap Vert sont probablement les derniers vestiges de ce continent disparu.

A la fin du Miocène, le sol de la France s'exhausse de nou-

1. Pour tous ces noms, se reporter au tableau de la page 14.

veau, de sorte qu'à cette époque la France est presque complètement émergée. Seul, un bras de mer, très étroit, s'avance assez loin dans la vallée du Rhône. Mais, en même temps que la France se soulevait, par un véritable mouvement de bascule, l'Atlantide s'effondrait (carte n° 9, fig. 19), donnant ainsi naissance à l'océan Atlantique nord : le Groënland et l'Islande sont les restes de cette Atlantide [1].

Époque pliocène. — A l'époque pliocène, avons-nous dit, le sol de la France est presque complètement émergé, et la mer Méditerranée possédait, à très peu de chose près, les contours que nous lui connaissons actuellement. Avant cette époque, la partie orientale de la Méditerranée existait seule : à la place qu'occupe actuellement sa partie occidentale s'étendait une vaste terre que les eaux de la Méditerranée orientale contournaient pour communiquer avec l'Atlantique (voir carte n° 9, p. 32). A l'époque pliocène, ce continent s'enfonça sous les eaux, donnant ainsi naissance au bassin méditerranéen occidental, et ouvrant le détroit de Gibraltar; il ne reste actuellement de cette terre que les sommets des montagnes qui sont devenus les Baléares, la Sicile, la Sardaigne, la Corse, etc.

En résumé, la Méditerranée, telle que nous la connaissons, représente les restes de cet immense bassin maritime qui s'étendait presque tout autour de la Terre, dans le sens de l'équateur, avant que l'océan Atlantique ne fût constitué, et dont la carte n° 9 (p. 32) nous donne les contours approximatifs.

C'est aussi vers la même époque pliocène que se formèrent la mer Rouge et la mer Morte, et que les deux Amériques se séparèrent : les Antilles ne sont autres que les sommets encore émergés des montagnes qui se dressaient sur l'isthme beaucoup plus large que l'isthme actuel, par lequel l'Amérique du Nord se reliait à l'Amérique du Sud, au début des temps tertiaires.

Enfin, on pense qu'il faut aussi placer à l'époque pliocène la date de l'isolement de l'Angleterre et de la formation de la mer de la Manche.

1. Il convient de noter que l'Atlantide des géologues n'a rien de commun avec l'Atlantide dont parlent les anciens auteurs. Cette dernière serait, d'après Platon, une grande terre disparue, dont l'homme aurait gardé le souvenir. Mais rien n'est moins prouvé que l'existence de cette Atlantide contemporaine de l'homme.

3° VARIATIONS DES CLIMATS

Climats. — Les continents et les mers n'ont évidemment pas pu subir les modifications nombreuses que nous venons de passer en revue, sans entraîner des variations correspondantes dans l'ensemble des conditions météorologiques des différents points du Globe, c'est-à-dire dans les *climats*.

Nous ne savons pas encore très bien à quoi nous en tenir sur la répartition des climats aux premiers âges de la Terre; cependant, si vagues que soient nos connaissances à ce sujet, nous possédons un certain nombre de résultats assez précis pour pouvoir être exposés ici [1].

Ère primaire. *Climats du Silurien et du Dévonien.* — Il y avait [2], à l'époque silurienne, dans les mers de l'hémisphère boréal, deux provinces zoologiques [3] distinctes : l'une, la province septentrionale, embrassait tous les pays du nord de l'Europe dont la latitude est supérieure à 50°, c'est-à-dire le nord de la France, l'Angleterre, la Scandinavie et la Russie; l'autre englobait toute la région qu'occupent actuellement le Portugal et l'Espagne, le sud de la France et s'étendait jusqu'en Bohême. C'était la province méridionale.

Or, si l'on admet, ce qui est au moins probable, que la distribution des animaux et des plantes dans les mers et à la surface des continents, est surtout *fonction* de la température extérieure, c'est-à-dire que c'est principalement la température extérieure qui influe sur la distribution des êtres vivants à la surface du Globe, on en conclura nécessairement que les deux provinces zoologiques dont on a reconnu l'existence à l'époque silurienne, devaient correspondre à deux zones dans lesquelles les conditions climatériques n'étaient pas les mêmes. Les différences que ces deux zones présentaient entre elles n'étaient peut-être pas très considérables, mais elles étaient cependant suffisantes pour qu'il fût impossible à certains animaux de vivre indifféremment dans l'une et dans l'autre.

1. Nos connaissances sur la répartition des climats, aux époques géologiques, sont dues principalement aux travaux de Heer, de Renault et de Neumayr.

2. D'après les travaux de Barrande.

3. On nomme *province zoologique* une région caractérisée par certaines espèces animales qui lui sont particulières.

Selon toute probabilité, les deux zones climatériques du Silurien ont persisté à l'époque dévonienne. Mais, aussi bien pendant la période dévonienne que pendant la période silurienne, la température qui régnait dans la plus septentrionale, c'est-à-dire dans la moins chaude des deux zones, devait être assez élevée, car il serait, sans cela, assez difficile d'expliquer la présence de coraux constructeurs de récifs dans l'Ardenne, aux États-Unis, au Canada et jusque dans les provinces baltiques de la Russie (île de Gothland).

Donc, en résumé, pendant les périodes silurienne et dévonienne, l'hémisphère boréal était partagé en deux zones climatériques distinctes, dont la moins chaude subissait une température tropicale.

Climats de l'époque carbonifère. — L'étude des plantes fossiles, très abondantes dans les sédiments d'âge carbonifère, nous a appris que la végétation arborescente des terres émergées à l'époque carbonifère était partout constituée par des fougères, des prêles et des lycopodiacées.

Étant donné que les plantes sont en général très sensibles aux influences atmosphériques, que les espèces végétales se cantonnent toujours dans les régions dont le climat leur convient, et s'acclimatent difficilement dans les autres, l'uniformité apparente de la flore carbonifère avait conduit à penser que le climat de la Terre, pendant cette période, était partout le même, de l'équateur aux pôles.

En outre, comme cette végétation se composait exclusivement de cryptogames vasculaires qui, actuellement de taille très réduite, atteignaient alors des dimensions extraordinaires — au point que les lycopodiacées elles-mêmes, si humbles aujourd'hui, étaient de véritables arbres, — il avait paru légitime de penser que, non seulement la température du Globe était partout la même, mais encore qu'elle était très élevée.

La zone maritime. — Ces conclusions étaient beaucoup trop générales, et un examen plus approfondi de la question a obligé les géologues à les modifier quelque peu.

Sans doute, on avait raison de dire que la température générale était assez élevée, puisqu'on trouve, jusque sous la latitude du Spitzberg, des formations coralliennes d'âge carbonifère; mais, d'autre part, les climats n'avaient pas cette uniformité qu'on leur avait attribuée tout d'abord.

En effet, on a remarqué que, dans notre hémisphère en particulier, les gisements houillers de quelque importance sont tous compris entre le trentième et le soixantième degré de latitude. C'est donc seulement entre ces limites qu'étaient réalisées, à l'époque carbonifère, les conditions nécessaires au développement des grandes forêts de cryptogames[1], c'est-à-dire un climat à la fois chaud et humide, climat comparable à celui que l'on rencontre, de nos jours, dans les îles des mers chaudes. Il est donc probable qu'à l'époque carbonifère, l'Amérique du Nord et la partie moyenne de l'Europe formaient un immense archipel d'îles très nombreuses, surgissant d'une mer tiède, et jouissant, par conséquent, de ce *climat maritime* qui est si favorable à la croissance vigoureuse des cryptogames vasculaires arborescentes.

Les climats en dehors de la zone maritime. — En dehors de cette zone maritime et forestière, les conditions météorologiques devaient être tout autres. En effet, les sigillaires[2] manquent dans la flore carbonifère des régions situées au nord du soixantième degré de latitude. On est donc autorisé à dire que ces plantes ne trouvaient pas, au voisinage des pôles, le climat qui leur convenait et qu'elles se rencontraient plus au sud, dans les îles de l'archipel aux grandes forêts.

D'autre part, Waagen a relevé des traces indéniables d'érosion glaciaire dans l'Inde, en Australie et au cap de Bonne-Espérance : il est donc certain que le climat de ces régions, dans lesquelles pouvaient s'établir des glaciers, ne devait pas être identique au climat de la zone septentrionale où vivaient, d'une vie si intense, les cryptogames arborescentes.

Nous convenons que ces notions relatives aux climats de l'époque carbonifère sont un peu vagues : mais il nous serait difficile, dans l'état actuel de la science, de préciser davantage. L'essentiel est qu'on sache bien que, contrairement à ce qu'on pensait naguère, les climats de l'époque carbonifère étaient loin d'être uniformes.

Climats de l'époque permienne. — Il n'y a rien de particulier à dire de cette époque qui, au point de vue des climats, ne fait que prolonger la période carbonifère.

1. Voir Colomb et Houlbert. *Géologie* (Époques géologiques) : Origine de la houille, p. 122. Librairie Armand Colin.

2. *Sigillaires*, cryptogames vasculaires de la famille des Lycopodiacées.

Ère secondaire. — Pendant l'ère primaire, les zones climatériques, peu nombreuses et, par conséquent, très étendues, étaient peu différenciées les unes par rapport aux autres, à cause de la forte température qui régnait sur toute la surface du Globe. Nous allons voir, pendant l'ère secondaire, ces zones devenir plus nombreuses, moins larges et plus variées, en même temps que leurs limites vont se préciser.

Climats de l'époque triasique. — On sait peu de chose sur les climats de la période triasique. Il semble cependant que le trias ait été, au point de vue climatologique, la préparation de la période jurassique.

Climats de l'époque jurassique. — En étudiant les fossiles de cette période, Neumayr a pu délimiter trois zones climatériques, sensiblement parallèles à l'équateur, et caractérisées chacune par la localisation de certaines espèces d'animaux tels que les ammonites, ainsi que par l'abondance plus ou moins grande des coraux constructeurs de récifs.

Hémisphère boréal. — Si nous nous reportons à la figure 15 (carte n° 5, p. 28), nous voyons que la partie moyenne de notre hémisphère comprenait, à l'époque jurassique, trois provinces zoologiques bien délimitées.

1° La *province moscovite*, qui s'étendait sur la Russie, le Spitzberg, la Nouvelle-Zélande; vers l'ouest, elle se prolongeait sur l'Amérique du Nord et, du côté de l'est, on a pu la suivre jusqu'en Asie. Cette province est caractérisée par l'*absence complète de coraux;* on y rencontre des Ammonites, mais aucune du type alpin.

2° La *province de l'Europe centrale*, caractérisée par l'abondance des récifs coralliens et par des espèces particulières d'Ammonites [1].

3° La *province méditerranéenne* ou *alpine*, dont la limite nord suit les Carpathes et les Alpes et coupe l'Espagne en deux parties inégales. On y trouve des genres tout à fait spéciaux d'ammonites [2].

Selon Neumayr, ces trois provinces zoologiques coïncident exactement avec trois zones climatériques bien distinctes.

La première zone, ou *zone boréale*, correspond à la province

1. Les genres *Oppelia* et *Aspidoceras*, entre autres.
2. Les genres *Phylloceras* et *Lytoceras*.

moscovite. Etant donné que la province moscovite ne renfermait pas de coraux, il est à supposer que le climat de cette zone boréale devait être assez analogue à celui des régions méditerranéennes actuelles.

La deuxième zone, à laquelle on a donné le nom de *zone tempérée*, avait les mêmes limites que la province de l'Europe centrale. Nous ferons observer que ce mot de *tempéré* doit être pris ici dans un sens relatif et non dans un sens absolu. En effet, les coraux pullulaient dans cette zone, et comme ils sont sensiblement plus rapprochés des formes actuelles que les coraux des mers dévonienne et carbonifère, il y a lieu de penser que le climat de la zone, dite tempérée, du Jurassique était à peu près le même que celui des régions actuelles dans lesquelles se développent les coraux, c'est-à-dire des régions tropicales et subtropicales (mer Rouge, mer des Antilles, îles de la Sonde, etc.).

La troisième zone, qui correspond à la province méditerranéenne, avait un caractère tropical très net, qui était peut-être dû [1] à un courant d'eau chaude dont l'origine se trouvait vers l'ouest, dans les mers équatoriales.

Hémisphère austral. — On trouve même encore, dans l'hémisphère austral, une quatrième province zoologique caractérisée par des ammonites tout à fait analogues à celles que l'on rencontre dans la province de l'Europe centrale. Aussi Neumayr admet-il l'existence d'une *zone tempérée sud*, qui était pour l'hémisphère austral ce que la zone tempérée de l'Europe centrale était pour l'hémisphère boréal.

Conclusion relative aux climats du jurassique. — Si l'on admet l'existence de cette zone tempérée sud, on voit que la Terre, à l'époque jurassique, se trouvait partagée en un certain nombre de zones climatériques, parallèles à l'équateur.

Il y avait, le long de l'équateur même, une large *zone tropicale*, bordée, au nord et au sud, par deux zones tempérées, la *zone tempérée nord* et la *zone tempérée sud*. Enfin, autour des deux pôles, existaient deux zones, l'une *boréale*, l'autre *australe*, dans lesquelles la température était modérée.

C'est à peu près ce que l'on observe encore actuellement,

1. Selon Neumayr.

avec cette différence, toutefois, que la température générale des zones jurassiques était beaucoup plus élevée que celle des zones actuelles. Ainsi, à l'époque jurassique, il n'y avait pas de glaces aux pôles et les régions polaires devaient jouir d'une température douce, peut-être même plus élevée que celle des régions tempérées de l'époque présente.

Climats de l'époque crétacée. — On croyait autrefois que les zones climatériques semblables à celles qui existent de nos jours ne dataient que de la période crétacée. On voit, d'après ce qui précède, combien cette opinion était erronée.

Cette erreur provenait de ce que les plantes dicotylédones ne commencent à apparaître qu'à l'époque crétacée. Or, nous avons déjà fait remarquer (p. 36) combien sont nets les renseignements relatifs aux climats, fournis par l'étude de la distribution des végétaux. L'apparition des dicotylédones à l'époque crétacée et l'étude de leurs restes fossilisés avaient donc fait, en quelque sorte, sauter aux yeux l'existence des zones climatériques; mais il y avait, en réalité, fort longtemps que ces zones existaient.

Les zones climatériques du Crétacé étaient, dans leur ensemble, les mêmes que celles de l'époque jurassique. Elles avaient seulement des caractères plus tranchés et leurs limites étaient plus nettes. En outre, la zone équatoriale diminuant de largeur, les zones tempérées, australe et boréale, se rapprochent peu à peu de l'équateur, préparant l'apparition d'une zone plus froide autour des pôles. Ce déplacement des zones vers l'équateur indique un abaissement général de la température.

A l'époque crétacée, en effet, les grandes cryptogames vasculaires arborescentes ont à peu près complètement disparu. A leur place, se sont installées des monocotylédones (palmiers) et un nombre assez grand de dicotylédones (lauriers, camélias, jujubiers); seulement, il est à remarquer que toutes les dicotylédones crétacées de nos régions étaient à feuillage persistant, même pendant l'hiver; par conséquent, si la température était moins élevée qu'aux époques précédentes, elle l'était encore assez pour que les végétaux ne perdissent jamais leurs feuilles.

En somme, on peut admettre que, sous nos latitudes, le

climat de l'époque crétacée devait être analogue au climat actuel de l'Italie méridionale.

Ère tertiaire. — *Climat de l'Éocène.* — Les climats ne paraissent pas avoir subi de grandes modifications; il y a toujours des zones analogues à celles des époques précédentes. Cependant, il semble que la température générale de nos régions se soit relevée et que le climat de la France, en particulier, soit plus chaud qu'à l'époque crétacée.

En effet, les plantes qui croissent et prospèrent en France, au début des temps tertiaires, sont les mêmes que celles qui vivent actuellement dans les régions tropicales; ce sont, par exemple, des palmiers, des magnolias, mélangés d'ailleurs à quelques plantes indigènes, comme la vigne. Quant aux arbres qui vivent aujourd'hui en France, les noyers, les chênes, les platanes, les peupliers, ils croissaient dans les régions polaires, au Groënland et au Spitzberg.

M. de Saporta pense que la température qui régnait en France, à cette époque, était comparable à la température actuelle de l'Afrique et de l'Asie méridionale, mais plutôt sèche qu'humide. Quant au Groënland, il jouissait d'un climat analogue à celui du Jura et des Vosges.

Si nous nous rappelons qu'à la fin du Crétacé, le climat de la France était celui de l'Italie méridionale et qu'il prend au début du tertiaire un caractère tropical, on doit se demander à quoi est due, pendant la période éocène, cette recrudescence de chaleur. On l'attribue à l'arrivée sous nos latitudes d'une mer alimentée par un courant d'eau chaude, la mer Nummulitique.

Climat de l'Oligocène. — A l'époque oligocène, les arbres à feuillage caduc deviennent abondants en France : on y voit des aulnes, des bouleaux, des saules, ce qui indique un abaissement notable de la température moyenne. L'atmosphère est aussi plus humide que pendant la période éocène : on pressent que l'ère actuelle se prépare.

Climat du Miocène. — Au Miocène, la température moyenne de l'Europe paraît avoir été ce qu'est aujourd'hui celle des régions méditerranéennes et, en particulier, de l'Italie méridionale et de l'Espagne. Le climat était doux et en même temps humide. Mais, comme les régions septentrionales

continuaient à avoir un climat tempéré [1], il est probable que les vents qui soufflaient en Europe étaient chauds; mais, malgré cette tiédeur des pays du Nord, le refroidissement n'allait pas moins en s'accentuant, ainsi qu'en témoigne le recul vers le sud des récifs coralliens qu'on ne retrouve plus, à cette époque, qu'à Malte et le long des côtes de l'Asie Mineure.

Climat du Pliocène. — L'époque pliocène marque encore une étape vers le refroidissement; aussi, les coraux constructeurs quittent-ils définitivement la Méditerranée qui possède déjà ses contours actuels, et qui est devenue une mer trop froide pour eux; mais ils se maintiennent dans la mer Rouge qu'ils n'ont plus quittée depuis et qui marque encore la limite septentrionale extrême de leur aire actuelle de dispersion.

La flore pliocène de l'Europe est encore assez riche, mais elle perd peu à peu ses types tropicaux [2].

Résumé des climats jusqu'à la fin des temps tertiaires. — Si, jetant un coup d'œil en arrière, nous cherchons à nous rendre compte de la façon dont les climats se sont succédé à la surface du Globe depuis la période jurassique, c'est-à-dire depuis l'époque où nous avons constaté l'existence de zones climatériques bien définies, nous verrons tout d'abord que la Terre est allée sans cesse en se refroidissant. Le résultat de ce refroidissement général, très lent, mais continu, a été le déplacement de toutes les zones climatériques vers l'équateur.

La zone tropicale que nous avons vue se dessiner à l'époque jurassique, disparaît peu à peu et se trouve remplacée par les deux zones tempérées nord et sud, qui, se rapprochant l'une de l'autre, viennent se souder sur l'équateur, pour former la zone tropicale actuelle.

En même temps, les zones australe et boréale, dont nous avons constaté l'apparition pendant la période jurassique, suivent le mouvement, se substituent aux zones tempérées de la même époque et deviennent les zones tempérées de l'époque présente.

1. Ceci n'est vrai que pour l'Europe; les autres parties du monde paraissent avoir été moins favorisées.

2. La seule espèce tropicale qui ait réussi à se maintenir en Europe est un palmier, le *Chamærops humilis*, cantonné de nos jours dans le sud de l'Espagne.

Enfin, à mesure que les zones boréale et australe s'avançaient vers l'équateur, apparaissaient, aux places qu'elles laissaient libres autour des pôles, des zones glaciaires, d'abord très étroites à l'époque pliocène, mais qui, depuis, sont allées sans cesse en s'élargissant et refoulant devant elles les zones tempérées, jusqu'à avoir l'étendue qu'elles ont à présent. Il est probable que, le refroidissement se poursuivant, les zones tempérées reculant continuellement devant l'envahissement des glaces, descendront de plus en plus vers l'équateur, où elles finiront par se substituer à la zone tropicale actuelle.

Mais les événements ne se sont pas toujours déroulés avec cette régularité toute théorique : nous avons vu qu'il s'est produit dans nos régions, à l'époque éocène, une recrudescence de chaleur; nous allons voir, de même, que le début de l'ère quaternaire a été marqué par deux phénomènes météorologiques importants qui ont amené un refroidissement subit et intense de nos pays.

Climats de l'ère quaternaire. — Il y a eu, en effet, au début du quaternaire :

1° Une abondance extrême des pluies, ce qui fait qu'on a souvent donné à cette époque le nom de *période diluvienne;*

2° L'établissement de glaciers dans les régions montagneuses et leur extension considérable en Europe et dans l'Amérique du Nord.

Explication de la période glaciaire. — On a longtemps cherché quelle pouvait avoir été la cause du développement extraordinaire des glaciers au début des temps quaternaires. Beaucoup d'hypothèses ont été émises qui, pour la plupart, font intervenir un refroidissement subit de l'atmosphère; mais ce n'est que reculer la question, car, alors, il faudrait dire quelle est la cause de ce mystérieux refroidissement.

Nous pensons que l'abaissement de la température a été la *conséquence* et non la cause de l'extension des glaciers, et voici quelle est l'explication que nous proposons d'adopter.

Si l'on se rappelle que c'est à la fin des temps tertiaires que s'est formé le plissement alpin, on ne peut s'empêcher de regarder les troubles atmosphériques du début de l'ère quaternaire comme le contre-coup de la formation des grandes chaînes tertiaires, telles que les Alpes et les Pyrénées.

En même temps, en effet, que l'immense pli des Alpes et des Pyrénées achevait de se constituer, une ride[1] correspondante apparaissait qui amenait l'effondrement du continent atlantide et ouvrait, entre l'Europe et l'Amérique, ce grand fossé de l'océan Atlantique, qui fait communiquer les régions polaires avec les régions équatoriales, et permet l'*établissement de larges courants marins tels que le Gulf-Stream.*

On comprend combien l'ouverture de cet océan, à la fin des temps tertiaires, a dû influer sur le régime météorologique des continents qu'il baignait, et il n'y a rien d'improbable à ce que l'atmosphère de nos régions en soit devenue plus humide.

Ce point établi, examinons l'effet produit sur cette atmosphère humide par les Alpes et le Jura, par exemple, montagnes élevées, de nouvelle formation. Ces chaînes, jeunes encore, n'avaient pas eu le temps de subir les érosions qui sont si intenses sur les hauts lieux; elles étaient donc beaucoup plus élevées qu'elles ne le sont aujourd'hui[2].

Or, on sait quel puissant appareil de condensation est une montagne. Par conséquent, les versants ouest du Jura et des Alpes, directement exposés aux vents humides de l'Atlantique, devaient provoquer, sur leurs flancs, une condensation rapide de la vapeur d'eau atmosphérique, et, par suite, d'abondantes chutes de neige sur leurs sommets.

La neige, tombant sur des montagnes beaucoup plus élevées que les Alpes actuelles, s'accumulait sur une surface bien plus considérable que la surface actuellement couverte de neiges persistantes et, par conséquent, l'*alimentation* des glaciers se faisait avec une ampleur extraordinaire[3]. Or, l'*ablation* ne devait pas différer beaucoup de ce qu'elle est à présent; il suffit, pour s'en convaincre, de comparer la flore de la France pliocène à celle de la France d'aujourd'hui : les deux flores sont à peu de chose près les mêmes. Il en résulte que les glaciers, plus fortement alimentés et subissant

1. Le mot *ride* nous sert à désigner un pli *creux* (Voir la fig. 6, p. 19).

2. On estime que les Alpes ont perdu plus de 1 000 mètres de leur hauteur, depuis leur apparition.

3. Si l'on admet ce nombre de 1 000 mètres, comme représentant la perte subie par les Alpes depuis leur surrection, on voit que, de Digne au Saint-Gothard (400 kilomètres environ), la surface de condensation, capable de recevoir des neiges, a subi, de ce fait, une diminution de 400 kilomètres carrés.

la même ablation qu'à présent, devaient descendre dans la plaine, beaucoup plus bas qu'ils n'y descendent à l'heure actuelle.

D'autre part, il suffit de jeter les yeux sur une carte des Alpes pour constater que la plupart des vallées glaciaires d'un même versant convergent toutes vers quelques grandes vallées (Rhin, Rhône). Tous ces glaciers convergents ne tardèrent donc pas à se souder les uns aux autres et à constituer, dans la vallée où ils se réunissaient, un glacier unique, remplissant toute cette vallée et ayant une épaisseur considérable. Ce glacier épais, mais relativement étroit, offrait peu de prise à l'ablation superficielle et, par conséquent, il poussait son front dans la plaine, à une distance très grande des sommets. On comprend qu'il se soit ainsi formé, par la réunion de tous ces glaciers convergents, une immense calotte de glace, recouvrant, presque sans solution de continuité, les Alpes (fig. 20) et le Jura.

On se rend, dès lors, très bien compte que l'abaissement général de la température, en Europe, et surtout en France, fut la *conséquence* et non la *cause* de l'extension des glaciers des Alpes. C'est ce refroidissement qui, à son tour, devint peut-être la cause déterminante de l'établissement ultérieur de ces glaciers dont on retrouve tant de vestiges dans les Vosges.

Fin de la période glaciaire. — Il est très facile de comprendre pourquoi la période glaciaire a pris fin : ce n'est pas que la température de l'atmosphère soit, tout à coup, devenue plus élevée et ait fait disparaître les glaces; c'est qu'à mesure que le gel, les ouragans, les avalanches[1] précipitaient en débris les sommets des Alpes sur les glaciers qui les transportaient ensuite par fragments dans la plaine, la hauteur des montagnes diminuait peu à peu, la surface offerte par les sommets à la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique devenait plus restreinte, et l'alimentation des glaciers s'en trouvait réduite d'autant. A mesure que s'abaissaient les sommets alpins, la longueur des glaciers, moins fortement alimentés, diminuait donc, et la période glaciaire s'est terminée le jour où, à force de se raccourcir, chacun des

1. Voir Colomb et Houlbert, *loc. cit.*, p. 81.

glaciers *composants*, désormais incapable d'atteindre le point où il confluait avec ses voisins, est définitivement rentré dans sa vallée particulière.

Périodes interglaciaires. — Il ne faudrait pas s'imaginer

Partie qui n'a jamais été recouverte par les glaciers des Alpes.

Région envahie par les glaciers de la période glaciaire.

Glaciers actuels.

Fig. 20. — (Carte n° 10) Glaciers des Alpes pendant la période glaciaire.

cependant que les glaciers des Alpes, par exemple, aient diminué lentement, mais d'une façon constante, sans arrêt, à mesure que s'abaissaient les sommets, pour devenir ce

qu'ils sont maintenant. Il y a eu, à différentes époques, une recrudescence des glaciers et, par conséquent, un retour offensif de la période glaciaire.

Ces alternatives n'ont rien d'anormal : en effet, s'il est vrai de dire que, d'une façon générale, les glaciers des Alpes sont actuellement en voie de décroissance, il n'en est pas moins vrai que leurs fronts, après une période de recul assez longue, se mettent quelquefois, tout à coup, à avancer sous l'influence d'une alimentation plus forte ou d'une ablation plus faible, ou pour ces deux causes réunies.

Il en a été de même à l'époque glaciaire : des glaciers qui étaient déjà rentrés dans leurs vallées particulières se sont mis tout à coup à avancer, à la suite de quelques années humides, plus favorables à l'alimentation qu'à l'ablation, et comme leurs fronts n'étaient pas encore très éloignés de leur point de convergence, ils n'ont pas tardé à se rejoindre, à se souder et à rendre ainsi au glacier résultant de leur réunion, et, par suite, à la calotte glaciaire, à peu près son extension première [1].

Les périodes comprises entre deux extensions consécutives des glaciers ou, comme on dit, entre deux *glaciations*, se nomment *périodes interglaciaires*.

En Europe et en Amérique, il y a eu au moins deux périodes glaciaires, séparées par une période interglaciaire. La végétation, les animaux, et l'Homme lui-même, avaient pu, pendant cette période interglaciaire, suivre le recul des glaces et s'établir à la place que recouvraient les anciens glaciers. Ils en ont été chassés par leur retour. D'autre part, il semble qu'il y ait eu, à l'époque pliocène, une première glaciation, de sorte qu'il y aurait eu, depuis les temps tertiaires, jusqu'à trois époques glaciaires et deux époques interglaciaires.

Enfin, on a émis, dans ces dernières années, cette opinion que des glaciers avaient existé à toutes les époques géologiques : on aurait retrouvé, en Angleterre, des traces de glaciers primaires. Si cette découverte se confirme, il en résultera que les phénomènes glaciaires se seraient produits à toutes

1. Il ne faut pas oublier que tous les glaciers d'un même versant se trouvant soumis aux mêmes conditions climatériques, toute cause qui agit sur l'un d'eux, soit pour faire avancer son front, soit pour le faire reculer, agit, en général, dans le même sens sur tous les autres.

les époques, comme les phénomènes volcaniques; les glaciers se seraient, d'âge en âge, avancés vers le sud, en même temps que les chaînes de montagnes elles-mêmes : après avoir apparu sur la chaîne calédonienne, ils se seraient établis ensuite sur la chaîne hercynienne, et enfin, à l'époque quaternaire, ils auraient passé sur la chaîne alpine où ils sont encore aujourd'hui.

Conclusion et Résumé.

Il résulte clairement de l'étude que nous venons de faire que, si l'on ne tient pas compte de phénomènes locaux et temporaires comme les phénomènes glaciaires, la Terre a, d'une façon générale, subi, depuis l'aurore des temps primitifs, un refroidissement très lent, mais continu.

On n'est pas absolument fixé sur la cause de ce refroidissement. Cependant, si l'on admet que la terre ait été, au début, un globe de matières incandescentes, il est naturel de penser que ce refroidissement est dû au rayonnement calorifique vers les espaces, rayonnement qui se poursuit encore à l'heure actuelle, mais qui, à cause de l'épaisseur sans cesse croissante de l'écorce solide, mauvaise conductrice de la chaleur, devient de moins en moins rapide.

Quoi qu'il en soit, il est certain que le soleil n'est parvenu qu'assez tardivement à faire sentir son influence et à déterminer l'apparition de zones climatériques. Pendant toute l'ère primaire, en effet, on constate bien que les conditions météorologiques des différentes régions du globe présentent une certaine diversité, mais les zones proprement dites, à frontières nettement délimitées, n'ont pas encore fait leur apparition : ce n'est qu'à l'époque jurassique qu'on les voit apparaître. Elles sont encore mieux caractérisées au Crétacé, parce que la température générale du sol s'est encore abaissée et que l'influence du Soleil devient de plus en plus prépondérante. Enfin, c'est pendant l'ère tertiaire que s'établissent définitivement des zones tout à fait comparables aux zones actuelles.

CHAPITRE II

LES TEMPS PRIMAIRES

Généralités. — Les animaux que nous connaissons actuellement à l'état fossile, et dont l'ensemble forme ce que l'on appelle la *faune primaire* ou *paléozoïque*[1], ont déjà une structure très compliquée. Il est donc au moins très probable que ces formes animales qui nous paraissent être les plus anciennes, ont été précédées d'autres formes plus simples, dont elles dérivent par descendance, mais qui ont disparu sans laisser de traces, ou dont les géologues n'ont pas encore réussi à découvrir les restes.

Il existe, d'ailleurs, un certain nombre d'indices qui confirment ce que nous venons de dire : ne trouve-t-on pas, par exemple, 10 0/0 de matières organiques dans les gneiss (Terrain primitif) de la Suède? Ces matières organiques ne peuvent évidemment provenir que d'êtres organisés, antérieurs à ceux qui constituent la faune et la flore primaires.

Quoi qu'il en soit, et bien que les animaux et les végétaux primaires soient déjà assez avancés en organisation, ils n'en appartiennent pas moins à des groupes encore très inférieurs : les plus perfectionnés des animaux primaires sont, en effet, des *Arthropodes*[2] et des *Mollusques*[3]. Quant aux végétaux, ils ne sont encore que des *Cryptogames vasculaires*, c'est-à-dire des plantes sans fleurs, analogues aux *Fougères*, aux *Prêles* et aux *Lycopodes* actuels ; c'est à peine si quelques *Gymnospermes* commencent à apparaître dans les assises tout à fait supérieures des terrains primaires.

FAUNE DES TEMPS PRIMAIRES

Nous ne pouvons, on le comprend, passer en revue tous les animaux qui peuplaient les continents et les mers pendant

1. Du grec : *palaïos*, ancien, *zôon*, animal ; c'est-à-dire faune des animaux anciens.

2. *Arthropodes*, annelés à pattes articulées.

3. *Mollusques*, animaux mous, souvent à coquille calcaire. Ex. : l'Huître, l'Escargot.

l'ère primaire. Nous nous contenterons d'examiner les principaux groupes, ceux qui donnent à la faune de cette époque son allure si particulière et son aspect si caractéristique.

Ainsi que nous l'avons déjà dit (p. 49) ce sont les invertébrés qui sont les plus nombreux : ils diffèrent, d'ailleurs, assez notablement de ceux qui vivent aujourd'hui.

BRACHIOPODES

Structure et forme des brachiopodes. — Les *Brachiopodes* constituent l'un des groupes les plus importants des temps primaires. Par leur aspect extérieur, et surtout par la conformation de la coquille qui enveloppe leur corps, ces animaux ressemblent aux mollusques bivalves (huîtres, moules, etc.); *mais cette ressemblance n'est qu'apparente*, car, par leurs caractères internes, que nous n'avons pas à examiner ici, ils se rapprochent plutôt des vers.

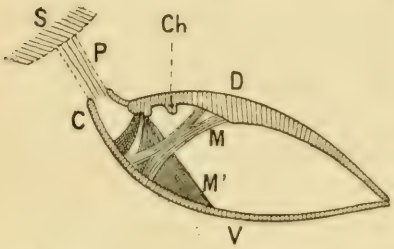


Fig. 21. — Coupe d'un Brachiopode, perpendiculairement a la charnière. — P, Pied fixé au support S. — V, Valve ventrale (inférieure). — D, Valve dorsale (supérieure). — C, Crochet. — M, Muscles au moyen desquels l'animal ferme sa coquille. — M', muscles avec lesquels il l'ouvre. — Ch, Charnière.

Les brachiopodes vivent fixés sur le fond de la mer par l'intermédiaire d'un organe musculaire, désigné sous le nom de pied (P, fig. 21).

La façon dont les brachiopodes sont disposés dans leur coquille les différencie très nettement des mollusques. Ainsi, dans la moule ou l'huître, les valves sont latérales par rapport à l'animal : il y a une valve droite et une valve gauche; chez les brachiopodes, l'une des valves est ventrale, l'autre dorsale. En somme, dans sa coquille posée à plat, l'*Huître est couchée sur le côté, tandis que le Brachiopode y est couché sur le ventre*. De plus, chez les brachiopodes, les deux valves sont toujours inégales, la valve inférieure (ventrale) étant toujours plus grande que la valve dorsale. La valve ventrale est aussi, le plus souvent, munie d'un crochet percé d'un trou par où sort le pied : elle est réunie à la valve supérieure ou dorsale, tantôt par des dents formant charnière (*Brachiopodes articulés;* ex. : Térébratule), tantôt simplement par des muscles (*Brachiopodes inarticulés;* ex. : Lingule).

Des deux côtés de la bouche de l'animal partent deux longs prolongements, nommés *bras* (d'où le nom de *Brachiopodes*): ces bras, enroulés en spirale, et qui servent surtout à la respiration, portent sur un de leurs bords une rangée de filaments ciliés. Comme ils sont mous et flexibles, ils sont, en général, soutenus par un appareil calcaire de forme variable, fixé sur la valve dorsale. Cet appareil présente une de ses dispositions les plus curieuses dans le genre *Spirifer*[1] qui, précisément, tire de là son nom (fig. 22).

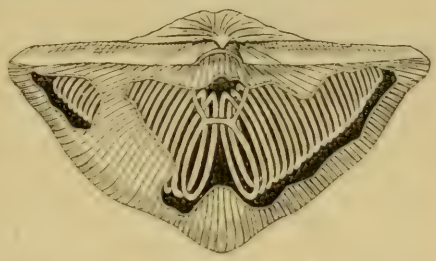


Fig. 22. — Spirifer dont la valve dorsale (supérieure) est supposée brisée pour montrer le support spiral des bras.

Extension des brachiopodes pendant l'ère primaire. — Les brachiopodes ont présenté un très grand développement pendant les temps primaires: ils apparaissent dans le Cambrien par des formes inarticulées (*Lingules*): ils atteignent leur maximum de développement à l'époque dévonienne, et diminuent ensuite graduellement d'importance, sans toutefois s'éteindre tout à fait.

Un certain nombre d'espèces en effet, continuent à vivre pendant les temps secondaires; quelques-unes ont même persisté jusqu'à nos jours et présentent la même conformation que les espèces anciennes. Le groupe des brachiopodes est donc un groupe qui n'a pas évolué et qui, par conséquent, n'a pu que diminuer d'importance.

Les genres *Spirifer* et *Productus* s'éteignent avant la fin des temps primaires: le premier était extrêmement abondant dans les sédiments dévoniens; les seconds vivaient plutôt pendant l'époque carbonifère.

ARTHROPODES

On donne ce nom à tous les animaux dont le corps est formé d'anneaux plus ou moins distincts et qui ont des membres articulés. Parmi les arthropodes primaires, les uns vivaient dans l'eau : ce sont les *Trilobites;* les autres vivaient dans l'air : ce sont les *Insectes*.

1. Du latin : *spira*, spirale, et *ferre*, porter.

Trilobites. — *Les Trilobites sont certainement les animaux les plus caractéristiques des temps primaires;* ils vivaient en nombre immense à cette époque et, malgré les nombreuses causes de destruction qui ont dû faire disparaître les restes de ces animaux si anciens, on en a décrit plus de 17 000 espèces. Il est vrai qu'étant des crustacés, ils possédaient une carapace calcaire, dure par conséquent, circonstance favorable à la fossilisation.

Les trilobites (fig. 23), comme leur nom l'indique, étaient des animaux dont le corps était divisé en trois parties (trois lobes), et cette division est aussi visible dans le sens longitudinal que dans le sens transversal.

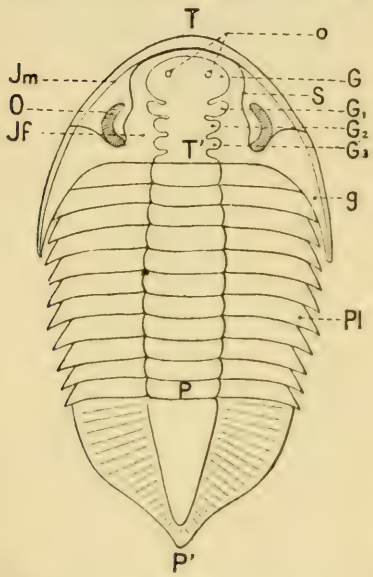


Fig. 23. — Un Trilobite, vu de dos. — TT', Tête. — T'P, Thorax. — PP', Pygidium. — G, G_1, G_2, G_3, Glabelle. — S, Ligne de suture séparant la joue fixe, Jf, de la joue mobile, Jm. — O, Œil. — o, Ocelles (petits yeux supplémentaires). — g, Pointes génales. — Pl, Plèvres.

Face supérieure. — Vu en dessus (fig. 23), le corps d'un de ces animaux présentait, en effet, trois régions bien distinctes : la *tête* (TT'), le *thorax* (T'P) et le *pygidium* (PP').

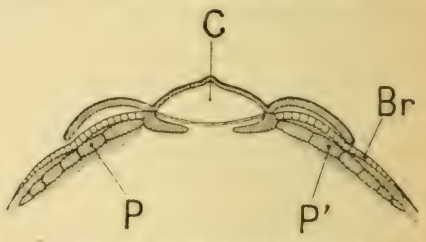


Fig. 24. — Coupe transversale d'un Trilobite. La coupe est faite à la hauteur du deuxième segment thoracique; elle montre les branchies Br, fixées sur les pattes P et P'. — C, partie du corps qui correspond au lobe médian; elle se prolonge au-dessus de la naissance des pattes, par les plèvres.

Chaque partie du corps étant formée d'anneaux très distincts, il en résulte que ces animaux appartenaient bien à l'embranchement des annelés.

L'existence d'une carapace et la présence de branchies fixées sur les pattes (fig. 24) permettent de les ranger dans la classe des crustacés.

Enfin, leurs pattes, formées d'articles mobiles, en font des arthropodes.

1° *Tête.* — La tête présente, en général, l'aspect d'un bouclier arrondi; mais sa forme est très variable suivant les espèces; cependant, quelle que soit l'espèce observée, on y remarque toujours un renflement médian, la *glabelle* (G), à l'intérieur duquel devait se loger l'estomac; les parties planes, situées à droite et à gauche de la glabelle, sont les *joues* (Jm et Jf), souvent terminées par des pointes allongées, appelées *pointes génales* (g). Presque toujours, on observe à la surface des joues une *ligne de suture* (S) qui a une grande importance au point de vue de la classification.

Le bord antérieur de la tête est replié en dessous où il forme comme une sorte d'ourlet.

Sur les joues se voient les yeux (O) qui, chez quelques espèces, étaient pédonculés comme ceux des écrevisses actuelles, et formés de petites facettes comme ceux des insectes de nos jours.

2° *Thorax* ou *abdomen.* — La deuxième région du corps, désignée indifféremment sous les noms de *thorax* ou d'*abdomen*, comprend un nombre variable d'anneaux, mobiles comme le sont ceux de l'abdomen des écrevisses; chacun d'eux est formé d'une partie médiane et d'appendices latéraux désignés sous le nom de *plèvres* (Pl). Sauf dans quelques genres, assez rares d'ailleurs, le nombre des anneaux de l'abdomen n'était pas fixe; il semble même qu'il ait été variable, suivant l'âge, chez un même individu.

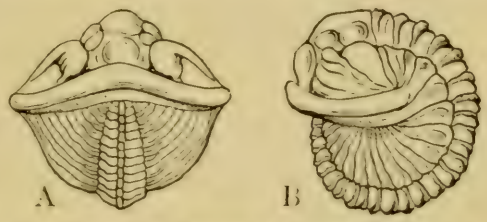


Fig. 25. — Un Trilobite enroulé (*Calymene Blumenbachii*). — A, vu de face. — B, vu de profil.

Grâce à la mobilité des anneaux de leur thorax, un grand nombre de trilobites possédaient la faculté de s'enrouler sur eux-mêmes à la façon des cloportes (fig. 25).

3° *Pygidium.* — Le pygidium possédait, comme l'abdomen, un aspect segmenté, mais les segments étaient toujours soudés entre eux, de manière à former une pièce rigide; il perd même toute trace de segmentation et devient lisse chez les

Illænus. On a remarqué que le pygidium était peu développé chez les trilobites les plus anciens (*Paradoxides*).

Face inférieure. — La face inférieure du corps des trilobites commence à être bien connue; on sait aujourd'hui que les membres qui y étaient attachés étaient très différents, suivant les parties du corps auxquelles ils appartenaient (fig. 26).

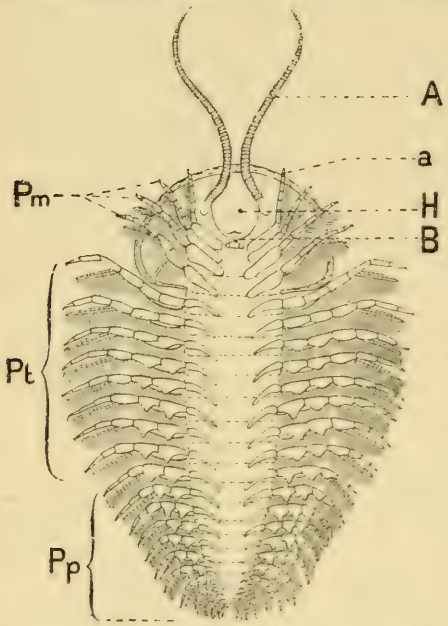


Fig. 26. — Un Trilobite restauré, vu par sa face inférieure. — A, Antennes. — a, Deuxième paire d'antennes. — Pm, Pattes, mâchoires. — Pt, Pattes thoraciques. — Pp, Pattes pygidiales. — B, Bouche. — H, Lèvre.

Nettement adaptés à la préhension et à la mastication des aliments dans la région de la tête où se trouvait la bouche, ils étaient allongés et conformés pour la marche sous l'abdomen; sous le pygidium, au contraire, ils s'aplatissaient et se transformaient en rames. Les branchies étaient fixées à la base des pattes dans la région postérieure du corps (fig. 24).

Taille des trilobites. — La taille des trilobites n'est pas très grande, en général, et, dans beaucoup d'espèces, la longueur du corps ne dépasse pas 6 ou 8 centimètres; cependant on a observé, dans divers pays, des espèces dont la grandeur atteignait 30 et 40 centimètres. La plus grande de toutes ces espèces géantes provient des schistes ardoisiers d'Angers : d'après les fragments qu'on en a retrouvés, elle ne devait pas avoir moins de 70 centimètres de longueur.

Genre de vie et développement des trilobites. — Les trilobites vivaient probablement sur les fonds vaseux et nageaient sur le dos à la manière des *Apus*[1].

D'autre part, on a rencontré en Amérique, dans les schistes

1. Petits crustacés qui vivent dans les mares et les fossés.

noirs, très fins, qui existent aux environs d'Utica et qui n'ont subi aucun bouleversement depuis leur dépôt, un certain nombre de formes très jeunes qui permettent d'affirmer que les trilobites présentaient déjà des sortes de métamorphoses, comme la plupart des crustacés actuels[1].

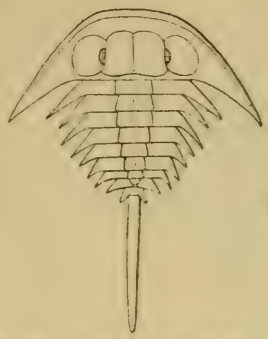


Fig. 27. — *Belinurus reginæ* (grossie 2 fois).

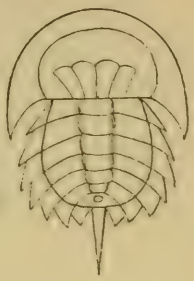


Fig. 28. — *Prestwichia rotunda.*

Descendance des trilobites. — Par l'ensemble de tous leurs caractères, les trilobites appartenaient évidemment, comme nous l'avons dit, à la classe des crustacés; *ils se sont éteints complètement avant la fin de l'époque primaire*, car aucun d'eux n'a jamais été rencontré ni dans les terrains secondaires, ni dans les terrains tertiaires. On ignore s'ils ont eu des descendants directs; cependant, on rencontre encore, dans les terrains paléozoïques, quelques autres formes de crustacés qui paraissent très voisins des vrais trilobites : ce sont, par exemple, les *Belinurus* (fig. 27) et les *Prestwichia* (fig. 28). Chez ces animaux, le corps est encore nettement trilobé, et terminé par un appendice allongé, très étroit.

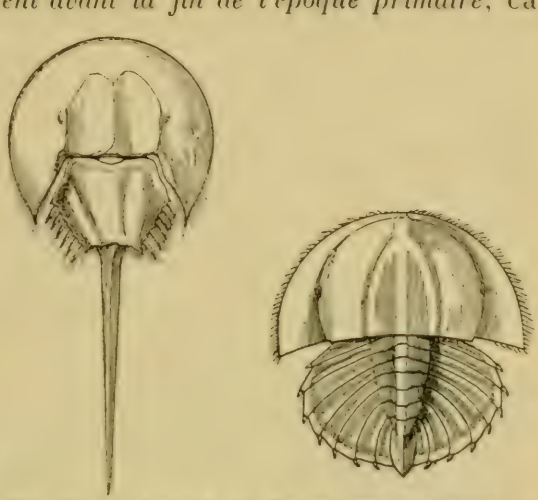


Fig. 29. — Limule ou Crabe des moluques. — A gauche, l'animal adulte (0 m. 30); à droite, une Limule à l'état larvaire.

1. On dit qu'un animal *subit des métamorphoses* lorsqu'il n'a pas, au sortir de l'œuf, la forme qu'il aura lorsqu'il sera arrivé à l'état adulte.

Or, actuellement, on trouve dans certaines régions de l'océan Pacifique, notamment dans les îles de la Sonde et aussi sur la côte orientale de l'Amérique du Nord, des crustacés d'aspect singulier : ce sont les *Limules* ou *Crabes des Moluques*. A l'état adulte, les limules ne sont pas très différentes des bélinurus; mais, sous leur état larvaire, c'est-à-dire lorsqu'elles sont très jeunes, elles ressemblent exactement aux trilobites (fig. 29). Peut-être, par conséquent, aurait-on le droit de voir dans les limules actuelles les descendants éloignés des trilobites primaires. (Voir la loi de Fritz Müller, p. 79.)

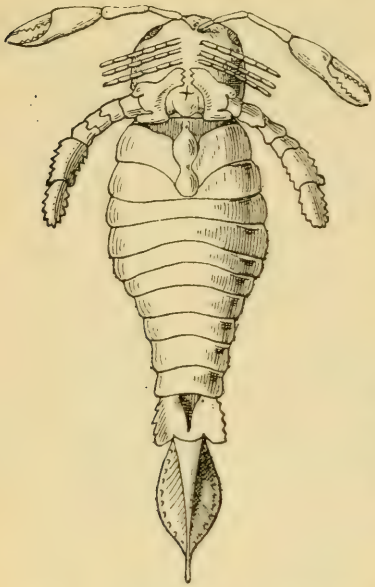


Fig. 30. — PTERYGOTUS, Crustacé géant (1 m. 80) des temps primaires.

Distribution des trilobites. — C'est pendant le Silurien que les Trilobites ont été le plus abondants, puisqu'on en a catalogué plus de 10 000 espèces; trois genres seulement passent dans le Carbonifère et le Permien.

Autres crustacés. — Il existait encore, dans les terrains primaires, des crustacés très remarquables, dont les antennes étaient terminées par des pinces; citons seulement les *Pterygotus* (fig. 30), dont la longueur était de 1m,80 environ; ce sont les plus grands crustacés dont on ait retrouvé les restes.

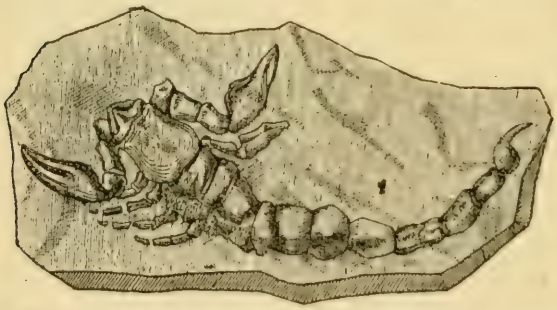


Fig. 31. — PALÆOPHONUS NUNCIUS, Scorpion du Silurien supérieur de l'île de Gothland (grand. nat.).

Arthropodes terrestres. — Les arthropodes terrestres existaient également pendant l'ère primaire; ainsi, par exemple, on a trouvé, en 1884, dans le Silu-

rien supérieur de l'île de Gothland, l'empreinte du corps d'un scorpion (fig. 31). C'est, jusqu'à présent, le plus ancien animal terrestre connu.

Il a été, en effet, récemment démontré que l'empreinte découverte dans le Silurien moyen du Calvados et que l'on avait prise pour une aile d'insecte (*Palæoblattina Douvillei*) n'est autre qu'une pointe génale de trilobite.

Fig. 32. — PROTOPHASMA DUMASI, insecte du terrain houiller de Commentry, type synthétique. Remarquer sur le premier anneau du thorax une première paire d'ailes, rudimentaire, mais très nette.

Mais c'est surtout à l'époque carbonifère que les insectes deviennent nombreux; cet accroissement du nombre des espèces est probablement dû à l'extension plus grande des continents et au développement des grandes forêts de cryptogames qui donnèrent naissance à la houille.

Les insectes de cette période atteignaient parfois une taille très grande, puisque quelques-uns n'avaient pas moins de

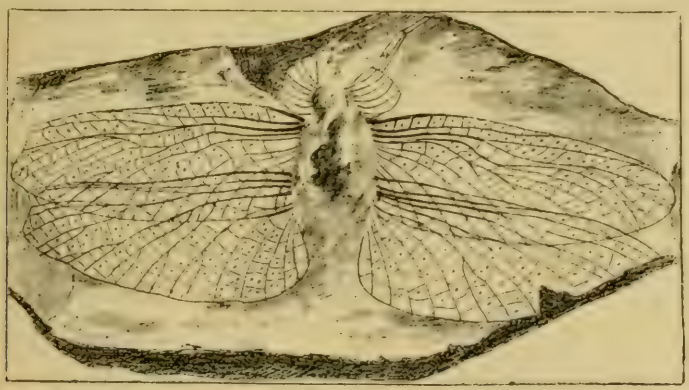


Fig. 33. — INSECTE A TROIS PAIRES D'AILES (*Lithomantis Woodwardi*) des schistes houillers de Commentry (1/2 de grand. nat.).

0m,70 d'envergure, mais ils n'avaient pas encore acquis la perfection organique que nous leur connaissons de nos jours; leurs caractères n'étaient pas encore nettement définis, en ce

sens que beaucoup d'entre eux présentent *à la fois* les caractères des orthoptères (*Sauterelles*), des névroptères (*Libellules*) et des hémiptères (*Cigales*); ils ne peuvent donc être rangés dans aucun des ordres actuels. Ce sont des *types synthétiques* (fig. 32).

Enfin, nous savons que certains insectes primaires portaient une paire d'ailes très courtes et élargies sur le premier segment du thorax (fig. 32 et 33): *ils avaient donc six ailes*, tandis que, de nos jours, tous les insectes connus n'en ont jamais plus de quatre.

MOLLUSQUES

L'embranchement des mollusques était déjà largement représenté pendant l'ère primaire, et, chose remarquable, les formes qui existaient alors sont précisément celles que l'on considère comme les plus élevées en organisation. On rencontre, en effet, dans les terrains primaires, de nombreux *Céphalopodes*, à ce point qu'ils sont, avec les trilobites, les animaux les plus caractéristiques des temps primaires

Céphalopodes. — Les céphalopodes existent encore de nos jours; ce sont des animaux marins, excellents nageurs, vivant presque toujours en haute mer (Poulpe, Seiche) et parfois dépourvus de coquille (Ex. : le Poulpe).

Ils sont facilement reconnaissables à ce qu'ils possèdent, autour de la tête, 8 ou 10 bras garnis de ventouses : c'est de là que leur vient leur nom de *Céphalopodes*[1]. La bouche est au centre de la couronne formée par les bras, et des yeux, très grands, se voient sur les côtés de la tête. Leur corps est enfermé dans une sorte de sac duquel, seule, la tête émerge. C'est dans ce sac que flottent les houppes qui leur servent de branchies et qui sont rattachées au corps.

On divise les céphalopodes en deux groupes d'après le nombre des branchies qu'ils possèdent; ce sont :

1° Les *Tétrabranchiaux :* céphalopodes à 4 branchies;

2° Les *Dibranchiaux :* céphalopodes à 2 branchies.

1. Du grec : *kephalê*, tête, et *pous*, *podos*, pied : Animal qui a le pied autour de la tête. En effet, les bras armés de ventouses, disposés en couronne autour de la tête, représentent cet organe particulier aux mollusques, et qu'on nomme le *pied*.

Or, parmi les céphalopodes actuellement vivants, le genre *Nautile* est le seul qui soit pourvu d'une coquille externe, et qui appartienne au groupe des tétrabranchiaux; tous les autres sont des dibranchiaux. Si donc nous voulons nous renseigner sur l'organisation des céphalopodes primaires qui, pour la plupart, étaient des tétrabranchiaux, nous avons à faire, d'abord, l'étude du Nautile.

Fig. 34. — Coupe d'une coquille de Nautile. L'animal est en place, dans la dernière loge (1/5 de grand. nat.).

Le Nautile. — Le Nautile (fig. 34) se rencontre aujourd'hui dans l'océan Indien et dans les mers de Chine; sa coquille est enroulée en spirale et divisée, par des cloisons concaves, en chambres successives, communiquant les unes avec les autres par des orifices étroits pratiqués *au centre* de chaque cloison. L'animal occupe la dernière chambre; mais il les a toutes habitées successivement; en effet, lorsqu'il est trop grand pour la chambre qu'il habite, il en ajoute une plus grande à la série et s'y retire.

Un prolongement très grêle de la partie postérieure du corps, le *siphon*, traverse toutes les chambres en utilisant l'orifice percé au centre de chaque cloison, et vient rattacher l'animal à l'extrémité de sa coquille.

Passons maintenant en revue les céphalopodes primaires.

Céphalopodes tétrabranchiaux primaires. — Les céphalopodes tétrabranchiaux ont été extrêmement nombreux pendant l'ère primaire, et, à côté du Nautile, qui existait probablement déjà, vivaient les *Orthocères*, les *Cyrtocères* et les *Gyrocères*.

Des Orthocères aux Nautiles. — Remarquons que ce sont d'abord les céphalopodes à coquille droite (fig. 35), les *Orthocères* ou *Orthoceras* [1], qui apparaissent les premiers; on les rencontre dès le Silurien inférieur, où quelques espè-

1. Du grec : *orthos*, droit, et *kéras*, corne.

ces atteignent une taille très grande, pouvant aller jusqu'à 2 mètres.

La coquille des orthocères avait la forme d'un cône très allongé (fig. 35 et 36), et était divisée, comme la coquille du Nautile, en chambres successives, par des cloisons régulières; il existait aussi un siphon central qui traversait la

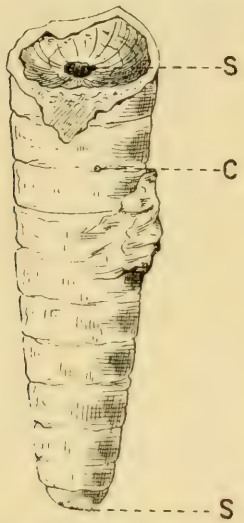


Fig. 35. — Un Orthocère. — S, Siphon *central*. — C, Ligne de suture ou de raccord d'une cloison avec la coquille.

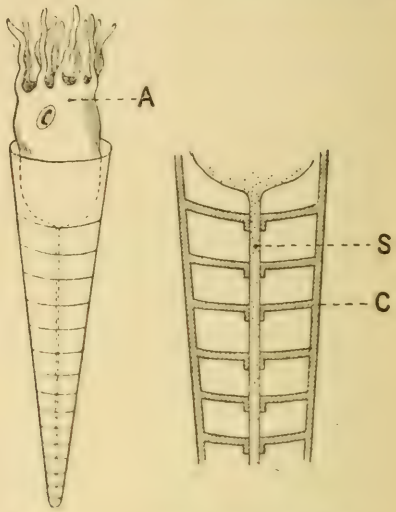


Fig. 36. — Orthocère Restauré. — A gauche, l'animal entier. — A droite, une coupe longitudinale de la coquille. — C, Cloison. — S, Siphon.

coquille d'un bout à l'autre; *on peut donc dire que les Orthocères étaient des Nautiles à coquille droite.*

Ils ont vécu depuis le Silurien inférieur jusqu'au commencement des temps secondaires.

Un peu plus tard, au Silurien supérieur, on voit apparaître d'autres espèces dont la coquille commence à se courber à la pointe; on a alors le genre *Cyrtoceras*[1] (C, fig. 37).

Aux époques dévonienne et carbonifère, c'est-à-dire *plus tard encore*, on rencontre un type un peu plus enroulé, c'est le genre *Gyroceras*[2] dont la coquille acquiert déjà la forme spiralée; mais les tours ne se touchent pas encore (Gy, fig. 37).

Enfin, les formes possédant des coquilles à tours contigus

1. Du grec : *kurtos*, courbé, et *kéras*, corne.
2. Du grec : *guros*, arrondi, et *kéras*, corne.

deviennent très abondantes *à la fin des temps primaires*, et ont absolument la forme extérieure des nautiles et des *Goniatites* (Go, fig. 37), dont nous nous occuperons tout à l'heure.

Nous passons donc des formes droites, représentées par les orthocères, aux formes spiralées, dont le type est le Nautile, par une série continue de formes arquées ou incomplètement enroulées. *Dans toutes ces formes, les cloisons qui séparent les chambres successives ont une courbure régulière, et le siphon traverse les cloisons en leur centre, ou à peu de distance du centre.*

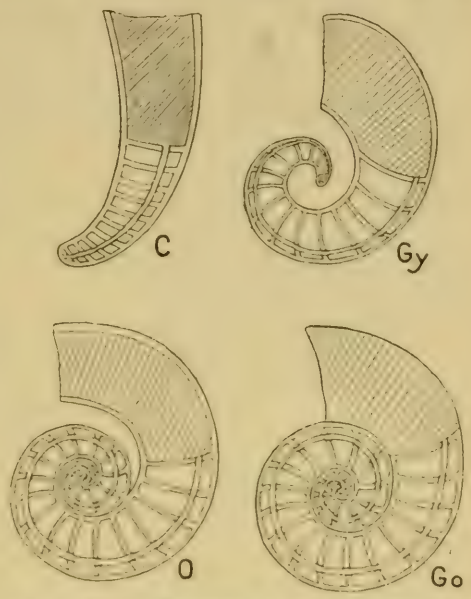


Fig. 37. — Enroulement progressif des coquilles de Céphalopodes primaires. — C, Cyrtoceras. — Gy, Gyroceras. — O, Ophidioceras. — Go, Goniatite.

A l'exception du Nautile qui existe encore, toutes ces formes s'éteignirent de très bonne heure, c'est-à-dire avant le début des temps secondaires, ou peu après; le Nautile nous présente donc encore un exemple d'une espèce qui a persisté, sans modifications sensibles, depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours[1].

Les ammonitidés descendent probablement des céphalopodes tétrabranchiaux. — Une question intéressante se pose maintenant : les céphalopodes tétrabranchiaux qui vivaient pendant l'ère primaire ont-ils disparu sans laisser de descendants autres que le Nautile, ou se sont-ils modifiés lentement, de façon à se perpétuer sous une autre forme encore?

On ne saurait répondre d'une façon précise à cette question. Cependant, il y a lieu de remarquer que, *dès le milieu des temps primaires* (Dévonien), on voit apparaître les premières formes d'un groupe qui deviendra extrêmement important

1. Le premier exemple nous a été donné par les Brachiopodes (page 51).

pendant l'ère secondaire : c'est le groupe des *Ammonitidés*. Extérieurement, les ammonitidés ressemblent au Nautile, en ce sens qu'ils ont, comme lui, une coquille enroulée en spirale, à tours contigus (fig. 38), et partagée en chambres successives par des cloisons que traverse un siphon.

Mais là se borne la ressemblance, car, bien qu'on ne connaisse pas leurs parties molles, il est cependant probable que les ammonitidés étaient des céphalopodes dibranchiaux et non des tétrabranchiaux comme les nautiles. De plus, les cloisons qui séparent les chambres successives de la coquille des ammonitidés présentent des ondulations très accentuées, de telle sorte qu'au lieu de se raccorder à la coquille par une ligne simple, comme chez les nautiles ou les orthocères, elles s'y raccordent par une ligne sinueuse et même brisée. Enfin, le siphon a quitté le centre des cloisons pour se placer du côté ventral, c'est-à-dire du côté extérieur de la coquille. Il y a donc, entre les nautilidés et les ammonitidés, des différences assez sensibles; malgré cela, il n'est pas impossible que quelques espèces, primitivement droites, de céphalopodes tétrabranchiaux primaires aient pu, en s'enroulant, perdre une paire de branchies, et que le siphon ait quitté le centre des cloisons pour devenir ventral; les tétrabranchiaux peuvent donc fort bien avoir été la souche ancestrale des dibranchiaux, et rien ne s'oppose à ce que les ammonites descendent des orthocères.

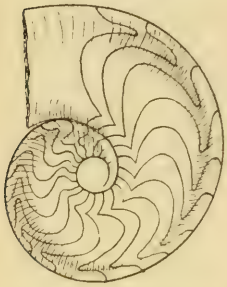


Fig. 38. — Goniatite. — Les lignes de suture des cloisons sont anguleuses (Comparer aux lignes de suture de l'Orthoceras, fig. 35).

Cette hypothèse est d'autant plus admissible que les premiers ammonitidés, les *Goniatites* (fig. 38), n'apparaissent qu'à l'époque dévonienne, c'est-à-dire à une époque postérieure à celle à laquelle les orthocères ont commencé à s'enrouler; cependant il serait imprudent d'affirmer qu'il y a filiation entre les deux formes.

Nous retrouverons les ammonitidés à l'époque secondaire, où le groupe poursuit son évolution avec une extraordinaire richesse de formes.

POLYPIERS

Coraux. — Dès les temps primaires, il existait des coraux qui construisaient déjà des récifs analogues à ceux qu'on observe aujourd'hui dans les régions équatoriales. Ces constructions ont donné naissance à des roches calcaires assez puissantes qu'on retrouve aujourd'hui dans le nord de la France, en Angleterre, au Canada et même jusqu'au Spitzberg [1].

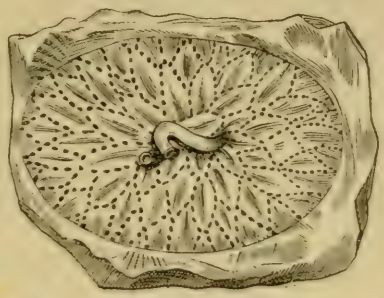


Fig. 39. — Pleurodyctium problematicum.

Parmi les coraux, nous ne ferons que citer le *Pleurodyctium problematicum* (fig. 39), polypier de forme curieuse, dont la véritable nature est longtemps restée inconnue. On sait maintenant qu'il n'est autre chose qu'une colonie de polypes, fixée autour d'un tube de *Serpule*, sorte de ver qui se fabrique une enveloppe calcaire dans laquelle il vit. Chaque polype habitait une loge losangique, communiquant par de petits canaux avec la loge voisine. On n'a jamais trouvé ce

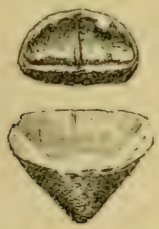


Fig. 40. — Calceola sandalina avec son opercule détaché.

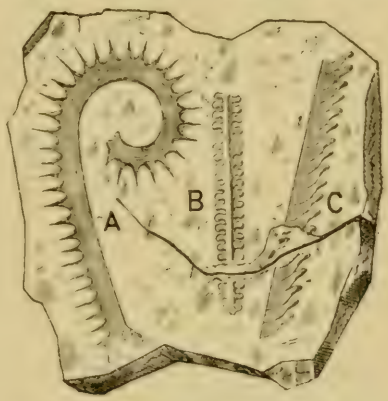


Fig. 41. — Traces grossies de Graptolites. — A, C, monoprionidés ; B, diprionidés.

1. On se rappelle que nous avons conclu de là que, pendant les temps primaires la température de nos pays était beaucoup plus élevée qu'aujourd'hui, et que le climat des régions septentrionales de l'Europe devait se rapprocher du climat actuel des îles de l'océan Pacifique (voir p. 36).

fossile que dans le Dévonien inférieur; il semble donc avoir disparu depuis cette époque.

Un autre polypier curieux est la *Calceola sandalina* [1], caractéristique du Dévonien moyen (fig. 40). L'animal se protégeait par un opercule mobile.

Polypes hydraires. — *Graptolites.* — Mais les polypiers primaires les plus remarquables sont les graptolites [2]. Ces graptolites sont importants parce qu'ils peuvent servir à caractériser certains étages du Silurien, avec la même certitude que les trilobites ou les brachiopodes.

Les traces qu'ils ont laissées (fig. 41), et qui présentent le profil d'une scie, simple ou double, sont longtemps demeurées indéchiffrables.

On sait maintenant que les graptolites formaient de petites colonies flottantes (fig. 42) comprenant un nombre variable d'axes solides, attachés à un centre commun, à la manière des baleines d'un parapluie. Le long de ces branches naissaient, les unes au-dessus des autres et à partir d'une logette triangulaire initiale, la *sicule*, des loges régulières et très petites. Chacune de ces logettes donnait sans doute asile à un polype.

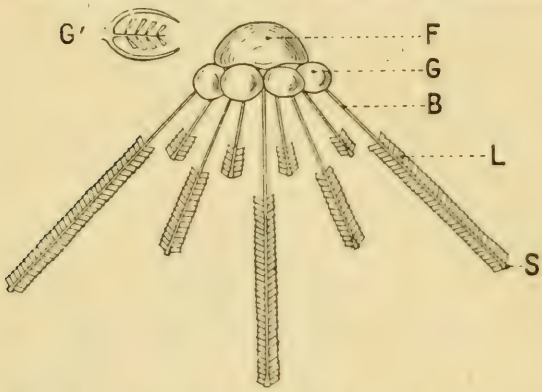


Fig. 42. — Graptolite restauré. — (F, Flotteur de la colonie. — G, Vésicule génératrice. — B, Baguettes. — L, Loges. — S, Sicule. — G', Vésicule génératrice isolée et coupée, montrant l'origine d'une baguette).

Au point de réunion de toutes les branches se trouvait une sorte de vésicule servant de flotteur et au-dessous de laquelle existait un nombre variable de vésicules plus petites (G) : c'est dans ces vésicules que prenaient naissance les axes divergents (B), porteurs de loges (L).

1. Ce nom vient de ce que le polypier ressemble assez à une sandale.

2. Du grec : *graptos*, écriture, et *lithos*, pierre, parce que les empreintes laissées sur les pierres par ces fossiles ressemblent à des lignes d'écriture.

Les loges sont disposées des deux côtés de l'axe (*Diprionidés*), ou d'un seul côté (*Monoprionidés*) (fig. 41).

Les graptolites se rencontrent à partir du Cambrien : ils acquièrent leur maximum d'extension au Silurien supérieur et disparaissent au Dévonien ; ils sont abondants en Bretagne, notamment dans les schistes de Poligné : ils paraissent ne pas avoir laissé de descendants.

ÉCHINODERMES ET PROTOZOAIRES

Échinodermes. — Nous nous contenterons de dire qu'on a rencontré quelques crinoïdes[1] dans le voisinage des récifs coralliens primaires.

Protozoaires. — Notons aussi que, dans les silex noirs de Bretagne (*Phtanites* de Saint-Brieuc), qui appartiennent au Précambrien, on a découvert des carapaces siliceuses de Radiolaires (A, fig. 43), qui semblent être les plus anciens animaux connus.

Fig. 43. — PROTOZOAIRES PRIMAIRES. — (A, *Radiolaire*, carapace siliceuse (très grossi). — B, *Foraminifère* (Fusuline), carapace calcaire (Très grossi).

Enfin, il existe un Foraminifère très petit, la *Fusuline* (B, fig. 43), qu'on rencontre en abondance dans le calcaire carbonifère de certains pays (Russie, Amérique du Nord).

VERTÉBRÉS

Les premiers vertébrés furent d'abord des poissons : on les observe dès l'époque silurienne ; puis, apparaissent ensuite les batraciens, et enfin, des formes extrêmement remarquables qui présentent réunis certains caractères appartenant aux reptiles et d'autres qui les rapprochent encore des poissons. Mais si l'existence des reptiles peut déjà être admise à l'époque primaire, par contre, *on n'y a jamais rencontré jusqu'ici aucune trace de mammifère ou d'oiseau.*

Poissons. — Les poissons primaires étaient inférieurs en organisation à ceux qui vivent de nos jours : ils possédaient

1. Nous parlerons des *Crinoïdes*, page 75.

trois caractères essentiels qu'on ne retrouve aujourd'hui que chez les requins, les raies et les esturgeons.

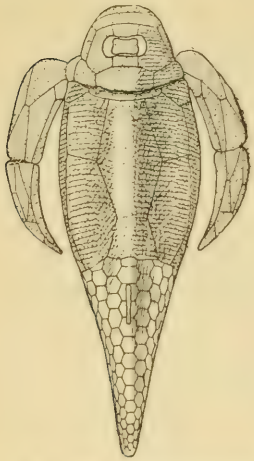


Fig. 44. — PTERICHTYS, poisson cuirassé primaire.

1° Leurs os restaient à l'état cartilagineux.

2° Leur corps était recouvert de grandes écailles osseuses, constituant une sorte de carapace extérieure, ce qui leur a fait donner le nom de *Poissons cuirassés* ou *Placodermes* (fig. 44).

3° Leur queue, au lieu d'être terminée par deux lobes égaux et symétriques, comme chez la plupart des poissons actuels, présentait un grand développement du lobe supérieur dans lequel pénétrait la colonne vertébrale (A, fig. 45); on exprime ce fait en disant que leur queue était *hétérocerque;* elle est au contraire *homocerque* (du moins en apparence) chez la plupart des poissons actuels (A, fig. 45).

Nous pouvons faire, au sujet des poissons, la remarque que nous avons déjà faite à propos des insectes : c'est que des caractères qui sont maintenant dispersés sur plusieurs genres, étaient, à l'époque primaire, réunis sur le même individu; en d'autres termes, un poisson primaire présentait un certain nombre de caractères qu'on ne rencontre plus à l'heure actuelle que répartis sur plusieurs individus appartenant à des genres différents. Chaque espèce de poissons primaires paraît donc avoir été la souche de plusieurs rameaux; chacun de ces rameaux prenait l'un des caractères de l'ancêtre et devenait ainsi distinct des autres rameaux dans lesquels se perpétuaient les autres caractères.

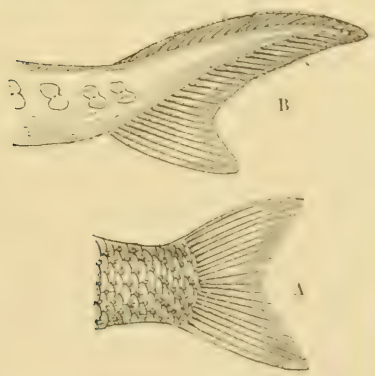


Fig. 45. — QUEUES DE POISSONS. — (A, Poisson homocerque. — B, Poisson hétérocerque).

Les poissons cuirassés semblent s'être transformés assez rapidement; dans tous les cas ils disparaissent vers l'époque carbonifère et sont remplacés par d'autres, possédant encore

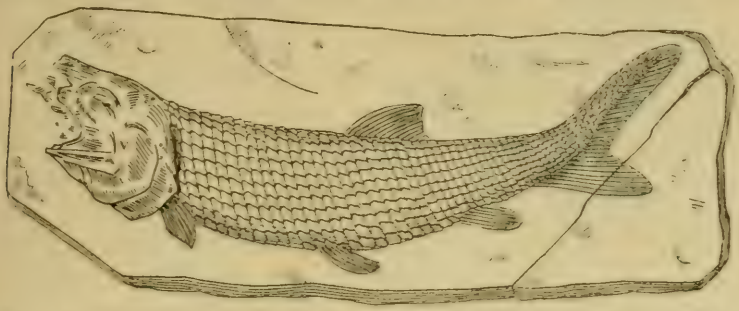


Fig. 46. — Palæoniscus, poisson du Carbonifère, hétérocerque, à petites écailles. C'est un Ganoïde (Grandeur naturelle).

l'hétérocerquie de la queue, mais ayant de petites écailles qui les rendent plus semblables aux poissons actuels (fig. 46). Ces poissons, dont les écailles osseuses sont recouvertes d'une sorte d'émail, ont reçu le nom de *Ganoïdes*.

Batraciens. — Les batraciens n'apparaissent que vers la fin des temps primaires: leur crâne était recouvert de grandes plaques osseuses analogues à celles des poissons cuirassés, circonstance qui établit la transition entre les genres de poissons qui vont disparaître et les batraciens qui commencent à se montrer. D'ailleurs, quelques-uns de ces batraciens du début portaient encore des arcs branchiaux, c'est-à-dire des os analogues à ceux qui soutiennent les branchies chez les poissons, ce qui nous autorise à croire que les batraciens primaires pouvaient vivre indifféremment dans l'eau ou dans l'air.

Fig. 47. — Protriton, état larvaire du Branchiosaure.

Examinons, par exemple, le *Branchiosaurus*, dont la forme générale rappelle celle d'une salamandre : ses arcs branchiaux indiquent que ses branchies persistaient à l'état adulte, et qu'il pouvait, par conséquent,

vivre dans l'eau. Cela ne l'empêchait probablement pas d'avoir, *en même temps*, des poumons; mais, pendant sa jeunesse, cet animal était exclusivement aquatique; rencontré sous cette dernière forme, dans les schistes d'Autun, on l'avait d'abord désigné sous le nom de *Protriton* (fig. 47). Plus tard, on s'est aperçu que le Protriton et le Branchiosaure n'étaient que le même animal à deux âges différents, que le Protriton était, en d'autres termes, la larve du Branchiosaure.

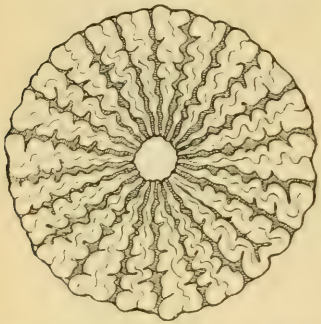


Fig. 48. — Une dent de Labyrinthodon, coupée transversalement, pour montrer les replis profonds remplis d'émail.

Faisons un pas de plus : l'*Archégosaurus* est encore un véritable batracien, car il possède *deux condyles* qui servent à articuler la tête sur la colonne vertébrale; mais il a des dents pourvues de replis d'émail, et qui ressemblent déjà singulièrement à celles des reptiles.

Les caractères des *Labyrinthodontes* sont encore plus accentués dans le sens reptile. En effet, le crâne possède encore, le plus souvent, les deux condyles occipitaux caractéristiques des batraciens, mais les dents, coniques, sont implantées dans des alvéoles, comme le sont les dents des vrais Reptiles, et, de plus, elles portent des fossettes longitudinales très profondes dans lesquelles pénètre l'émail (fig. 48); c'est à cette disposition que ces animaux doivent leur nom [1].

Fig. 49. — Empreintes de pas de Labyrinthodon.

Les pattes des labyrinthodontes étaient nettement conformées pour la marche terrestre : on a trouvé de leurs empreintes qui présentaient, soit cinq doigts comme les pattes de nombreux mammifères (fig. 49), soit trois doigts comme celles des oiseaux.

1. Du grec : *labyrinthos*, labyrinthe, et *odous*, dent : dent à structure compliquée.

Enfin, chez ces premiers batraciens, les vertèbres sont encore *biconcaves* comme celles des poissons, et en partie cartilagineuses; mais, petit à petit, nous arrivons à des types plus parfaits, dont les vertèbres sont complètement ossifiées.

Reptiles. — Tous les faits qui précèdent nous font prévoir que l'apparition des reptiles est prochaine, et, en effet, de véritables reptiles, avec un seul condyle occipital, tels que l'*Actinodon* (fig. 50), ont été trouvés dans les couches tout à fait supérieures des terrains primaires (Permien).

Évolution des vertébrés primaires. — Cette revue rapide des vertébrés primaires est instructive, car elle nous fait, pour ainsi dire, assister à l'adaptation progressive des poissons à la vie aérienne. Elle nous montre les poissons cuirassés sortant de l'eau et se transformant peu à peu en batraciens [1]. Elle nous fait voir, en outre, ces batraciens raccourcir peu à peu la période de leur vie pendant laquelle ils sont encore aquatiques, pour allonger celle où ils sont exclusivement aériens. En même temps, leurs nouveaux besoins modi-

Fig. 50. — Actinodon Frossardi, reptile permien [Schistes de Saône-et-Loire]. (1/5 de grand. nat. — D'après M. Gaudry.)

1. Voir Colomb et Houlbert, *Biologie animale*, la transformation des Poissons dipneustes en Batraciens, p. 291.

fiant leur charpente osseuse, leurs membres deviennent de plus en plus aptes à la marche, et se transforment insensiblement en reptiles.

RÉSUMÉ DE LA FAUNE DES TEMPS PRIMAIRES

Invertébrés. — Les brachiopodes présentent, pendant l'ère primaire, leur maximum de développement.

Mais les formes les plus caractéristiques des temps primaires sont les *Trilobites*, crustacés qui s'éteignent avant les temps secondaires.

Les insectes existaient vraisemblablement déjà au Silurien. Ils possédaient trois paires d'ailes. Mais ils deviennent particulièrement abondants à l'époque carbonifère.

Les céphalopodes tétrabranchiaux, orthocères, cyrtocères, gyrocères et nautiles, aux formes d'abord droites, puis enroulées, prennent un grand développement. Ils préparent les ammonitidés des temps secondaires. Le nautile existe encore actuellement.

Enfin, les coraux construisaient des récifs jusque dans les régions septentrionales. — Un genre de polypiers flottants, les *Graptolites*, sert à caractériser certains étages du Silurien et du Dévonien. Les graptolites ne dépassent pas le Dévonien.

Vertébrés. — Les poissons tous hétérocerques, d'abord cuirassés deviennent ganoïdes, à petites écailles, dès le Carbonifère.

Peu à peu les poissons cuirassés se transforment en batraciens, d'abord amphibies, c'est-à-dire munis à la fois de branchies et de poumons; puis, les branchies ne persistent que pendant un temps de moins en moins long, et alors apparaissent les vrais reptiles (actinodon), à vie entièrement aérienne.

CHAPITRE III

LES TEMPS SECONDAIRES

Généralités. — Division des temps secondaires. — L'étude des dépôts laissés par les mers secondaires a permis de les diviser en trois grands systèmes qui sont, en allant du plus ancien au plus récent : 1° le *système triasique;* 2° le *système jurassique;* 3° le *système crétacé.*

1° *Système triasique.* — Le système triasique, ou simplement *Trias*, doit son nom à ce que, en Allemagne et dans la région des Vosges où il est bien développé, il se divise tout

naturellement en trois étages bien distincts : un étage calcaire, nettement marin, intercalé entre deux autres étages : l'inférieur, d'origine littorale : le supérieur, lagunaire.

L'étage inférieur, appelé quelquefois *étage vosgien*, renferme à sa base ces puissantes assises de grès rouges qui ont servi à bâtir un grand nombre de monuments dans les villes de la vallée du Rhin ; c'est sur ces grès qu'on a trouvé des traces de pas de reptiles, ainsi que des empreintes de plantes gymnospermes, appartenant au genre *Voltzia* ; c'est donc un dépôt de rivage.

L'étage moyen renferme un calcaire presque entièrement formé par des débris de coquilles : on le nomme, pour cette raison, le *Müschelkalk*[1] ; il représente évidemment un dépôt marin.

Enfin, l'étage supérieur, qualifié autrefois de *Salifèrien*, renferme des marnes diversement colorées : aussi leur a-t-on donné le nom de *marnes irisées*. Ces marnes se sont formées dans des lagunes ou dans des lacs salés qui, en se desséchant, ont abandonné d'abondants dépôts de gypse et de sel marin qu'on exploite en Lorraine, à Dieuze, et dans la région du Jura, à Gouhenans (Haute-Saône) et à Salins (Jura).

Tels sont les trois étages types du *Trias vosgien* ; mais, à mesure qu'on s'avance vers l'est et vers le sud, le Trias change de caractère, et devient exclusivement marin (*Trias alpin*).

2° *Système jurassique*. — Le système jurassique est essentiellement formé par une succession très puissante de calcaires, de marnes et d'argiles ; il tire son nom de la région du Jura où ces dépôts ont un développement considérable.

L'un des faits les plus saillants de cette époque est la constitution définitive, dans la région qui devait devenir la France, de trois grands bassins de sédimentation : bassin de Paris, bassin d'Aquitaine et bassin du Rhône. (Voir la carte n° 6, fig. 16, p. 29.)

Les assises jurassiques peuvent aussi être réparties dans trois étages principaux qui sont : le Jurassique inférieur, le Jurassique moyen et le Jurassique supérieur. Ces étages correspondent à des extensions différentes de la mer : c'est prin-

1. De l'allemand *müschel*, coquille, et *kalk*, calcaire : calcaire coquiller.

cipalement dans les deux dernières périodes que se développèrent, en France et dans la plupart des mers d'Europe, des récifs de coraux semblables à ceux qu'on rencontre encore aujourd'hui dans les mers des régions tropicales.

3° *Système crétacé.* — Le nom seul de ce système indique la nature des sédiments dominants de cette période; toutefois, de grandes variations s'observent dans la nature des dépôts. En France, et notamment dans le bassin de Paris, les roches les plus abondantes, au début, sont des calcaires compacts assez durs pour qu'on puisse les utiliser comme pierre à bâtir. Puis, à mesure qu'on se rapproche de la partie supérieure des dépôts, on passe insensiblement à cette roche blanche, tendre et friable, qu'on désigne sous le nom de *craie*.

FAUNE DES TEMPS SECONDAIRES

Coup d'œil d'ensemble. — Les animaux de l'époque secondaire sont les descendants directs de ceux qui vivaient à l'époque primaire, auxquels ils se relient par de nombreuses formes intermédiaires.

Aux céphalopodes enroulés de l'époque primaire, les goniatites (fig. 38, p. 62), succèdent, sans la moindre interruption, les *Ammonites* si caractéristiques des temps secondaires.

Aux batraciens et aux très rares reptiles des couches paléozoïques, font suite les *vrais reptiles*. Enfin, avec l'ère secondaire, nous assistons à la première apparition des *oiseaux* et des *mammifères*. Là encore, nous verrons ces groupes importants débuter par des formes qui les relient de la façon la plus naturelle aux groupes plus inférieurs qui les avaient précédés et, en quelque sorte, préparés.

Nous allons passer en revue les principaux animaux des temps secondaires, en insistant particulièrement sur les formes les plus caractéristiques des sédiments de cette période : nous reviendrons d'ailleurs sur les formes primaires toutes les fois que cela sera nécessaire, lorsque, par exemple, il s'agira de rechercher les ancêtres de certaines formes secondaires.

PROTOZOAIRES

Constance des formes des protozoaires. — Les protozoaires constituent, comme on le sait, un groupe formé des animaux les plus simples que l'on connaisse. Si l'on en excepte quelques formes qui, comme les fusulines (fig. 43, B, p. 65), ne dépassent pas l'âge primaire, les protozoaires paraissent avoir traversé toutes les époques géologiques sans subir de modifications sensibles, car certaines espèces, qui vivent encore de nos jours, sont presque identiques à celles qui ont vécu dans les temps primaires.

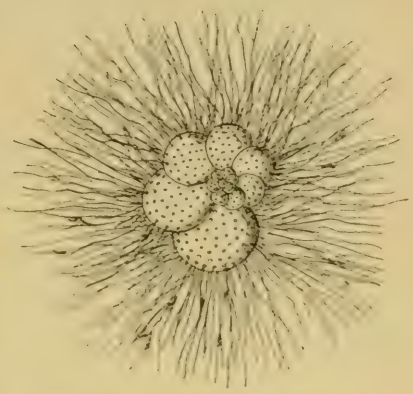


Fig. 51. — Une Globigérine. Foraminifère actuel.

Abondance des protozoaires secondaires. — Mais c'est surtout vers la fin des temps secondaires que les protozoaires du groupe des foraminifères prennent une extension considérable : dans certaines régions, la craie blanche et la craie marneuse, dont les dépôts atteignent quelquefois jusqu'à 250 mètres d'épaisseur, sont presque entièrement constituées par des particules de carbonate de chaux renfermant de nombreux débris de *Bryozoaires*[1] et de *Globigérines* (fig. 51).

La boue rougeâtre qui se dépose actuellement loin des côtes, dans les parties les plus profondes des grands bassins océaniques, est également formée de globigérines, ce qui porte à croire que la craie a pu se former de la même manière, c'est-à-dire qu'elle s'est déposée dans une mer qui n'était peut-être pas très profonde, puisque les bryozoaires y vivaient, mais qui était certainement très calme.

ÉCHINODERMES

Formes actuelles. — Les échinodermes, dont le nom signifie *animaux à peau couverte d'épines*, sont représentés, dans la

1. *Bryozoaires*, petits animaux ressemblant à des polypes et vivant en colonie dans les mers peu profondes.

nature actuelle, surtout par les *Oursins* (échinides) et par les *Étoiles de mer*. Les oursins ont le corps couvert de piquants fixés sur des tubercules de leur carapace calcaire; c'est à cette particularité que le groupe entier doit son nom. Quant aux étoiles de mer, elles possèdent, en général, cinq bras égaux, et sont, comme les oursins, des animaux libres, rampant sur le fond de la mer.

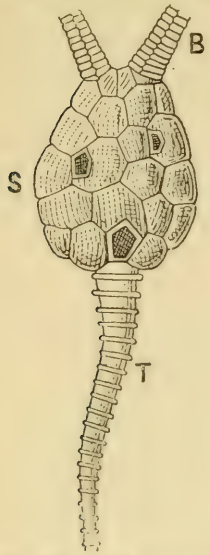


Fig. 52. — Un Cystidé. Échinoderme primaire.

Ancêtres primaires des échinodermes secondaires. — De nombreux échinides, analogues aux oursins actuels, ont vécu pendant toute la durée des temps secondaires; ils avaient été précédés, à l'époque primaire, par des formes très intéressantes, les *Cystidés* (fig. 52), dont la carapace (S), arrondie et pourvue le plus souvent d'un pédoncule plus ou moins long (T), était formée de plaques calcaires, non soudées entre elles, et disposées sans ordre. A l'opposé du pédoncule se trouvait la bouche, autour de laquelle étaient placés des tentacules (B) très courts. Quelquefois, des sillons partant de la bouche s'étendaient sur la carapace.

Ce sont ces formes, très anciennes, spéciales aux temps primaires, qui paraissent avoir été la souche de tous les autres groupes d'échinodermes.

Échinodermes secondaires : *1° Encrines.* — Au début des temps secondaires, les encrines ou *Lis-de-mer*, étaient extrêmement nombreuses dans les mers; elles vivaient surtout dans les localités où les polypes avaient construit des récifs, et se tenaient fixées sur les fonds rocheux, à l'aide de leur pédoncule qui pouvait atteindre des dimensions considérables (jusqu'à 15 mètres de long); le corps de l'animal (*calice*), pourvu de bras articulés, était situé à l'extrémité libre du pédoncule [1] (fig. 53 et 54).

Les encrines, qui se relient évidemment aux cystidés pri-

1. On nomme *entroques* les innombrables articles qui forment le pédoncule des encrines. Quelques calcaires jurassiques en sont remplis : on les nomme, pour cette raison, *calcaires à entroques*.

maires, vivaient quelquefois en si grand nombre dans les mers secondaires, qu'elles y formaient de véritables forêts

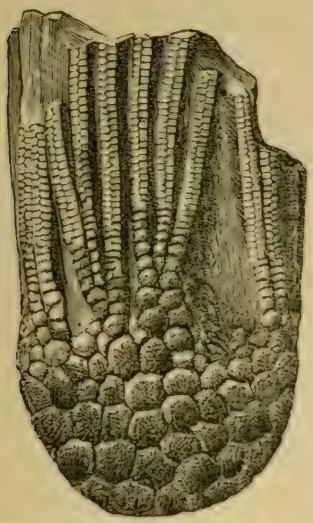


Fig. 53. — Une Encrine du Dévonien de la Mayenne (d'après M. Œhlert).

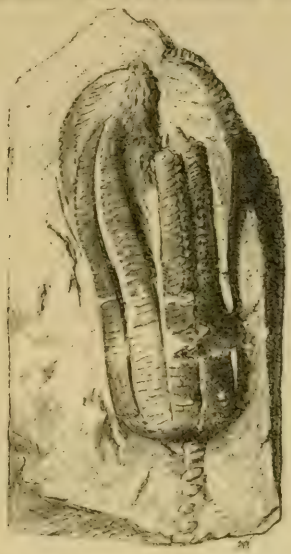


Fig. 54. — Un Crinoïde (*Encrinus liliiformis*) du Müschelkalk de Lunéville.

sous-marines: les explorations sous-marines récentes ont montré que leurs descendants existent encore nombreux dans les grandes profondeurs de la mer.

2° *Oursins.* — Les oursins acquièrent également une exten-

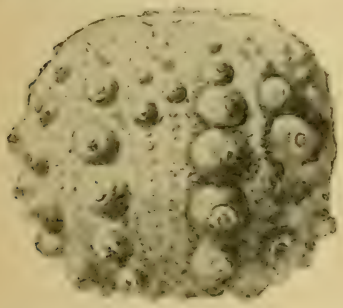


Fig. 55. — Hemicidaris du terrain corallien (Jurassique sup.) de Trouville (3/4 de grand. nat.).

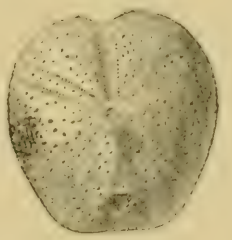


Fig. 56. — Toxaster (*T. complanatus*) du Néocomien (Crétacé inf.) de Castellane (Vaucluse) (2/3 de grand. nat.).

sion considérable dans le cours des temps secondaires: chez les uns, les *Cidaris* et les *Hemicidaris* par exemple (fig. 55), la

carapace est régulière et la bouche est placée au centre de la face inférieure; chez d'autres, tels que les *Micrasters* ou les *Toxasters* (fig. 56), la bouche s'est portée à la partie antérieure du corps et la carapace a perdu sa symétrie primitive.

Les *Oursins réguliers* ou à symétrie rayonnée [1] vivent encore dans les mers des régions tempérées et méridionales. Les *Oursins irréguliers* ou à symétrie bilatérale [2], analogues aux toxasters, sont moins anciens que les oursins réguliers. Il y a donc lieu de penser qu'ils dérivent des formes régulières et que leur genre de symétrie provient de l'habitude qu'ils ont dû prendre de bonne heure, de se déplacer toujours dans le même sens.

MOLLUSQUES

Lamellibranches. — Si l'on en excepte les céphalopodes, les mollusques sont, ainsi que nous avons pu nous en rendre compte, assez mal représentés pendant les temps primaires.

Mais il n'en est pas de même pendant les temps secondaires : la classe des lamellibranches prend, au contraire, à cette

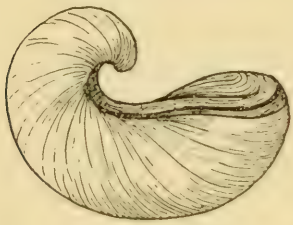


Fig. 57. — Gryphée arquée. — Sorte d'Huître munie d'un crochet recourbé, trouvée dans le Lias (Jurassique inf.) (1/2 de grand. nat.).

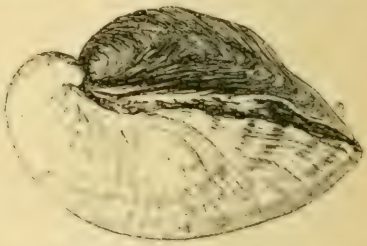


Fig. 58. — Exogyre (*Exogyra columba*) du Cénomanien (Jurassique sup.) du Mans (1/2 de grand. nat.). Huître à crochet déjeté sur le côté.

époque, une extension considérable, qui s'explique logiquement par la multiplicité des mers intérieures.

Nous signalerons seulement, parmi ces lamellibranches, les huîtres curieuses qui s'observent dès le commencement du Jurassique, et auxquelles on a donné le nom de *Gryphées* [3].

1. Genre de symétrie qui rappelle la disposition des *rayons* d'une roue autour de son moyeu; il est impossible de distinguer une droite et une gauche.

2. Un être dans lequel on peut distinguer une droite et une gauche est dit à symétrie bilatérale.

3. Du grec : *grupos*, crochu.

parce que l'une des valves de leur coquille, en forme de nacelle très bombée, possède un grand crochet recourbé (fig. 57).

Plus tard, se montrent les *Exogyres* [1] (fig. 58), à crochet déjeté sur le côté. Enfin, apparaissent les huîtres proprement dites, à coquille plus aplatie et à crochet très réduit. Toutes ces transformations ont lieu pendant la période jurassique, mais l'évolution se continue au delà des temps secondaires, et c'est dans les premiers dépôts de l'âge tertiaire qu'apparaissent les vraies huîtres, semblables à celles qui vivent encore de nos jours.

Fig. 59. — Radiolite du Crétacé sup. de la Charente (1/2 grand. nat.).

Nous citerons encore le curieux groupe des *Chamacés*, remarquable par ses coquilles feuilletées et très épaisses. Les chamacés les plus importants sont ceux qu'on désigne sous le nom de *Rudistes* et dont les principaux genres sont les *Hippurites* et les *Radiolites* (fig. 59). Chez ces rudistes, qui ont vécu vers la fin de l'époque crétacée, dans le bassin du Rhône et dans celui d'Aquitaine, l'une des valves de la coquille était conique et très profonde; elle était fixée dans la vase; l'autre valve était plate et servait d'opercule.

En se groupant, les coquilles de rudistes formaient de véritables bancs, analogues à des récifs, et qui présentent, dans leur ensemble, l'aspect de tuyaux d'orgues. A l'exception des *Chama*, qui existent encore, ces bivalves disparaissent brusquement à la fin des temps secondaires.

Mollusques céphalopodes : ammonites et bélemnites. — Les mollusques céphalopodes pourvus d'une coquille ont atteint leur maximum de développement dans le cours des temps secondaires; les deux groupes les plus importants sont les *Ammonites* et les *Bélemnites*.

Ammonites. — En étudiant les céphalopodes primaires, nous avons constaté (p. 59) qu'en partant des formes les plus anciennes, c'est-à-dire des orthocères qui ont une coquille

1. Du grec : *exô*, en dehors, et *gyros*, tour.

droite, et en passant par une suite à peu près continue d'intermédiaires (coquilles simplement recourbées des *Cyrtoceras* ou incomplètement enroulées des *Gyroceras*), on arrive insensiblement aux formes à coquille enroulée et à tours contigus. Chez les ammonitidés, l'enroulement de la coquille paraît être l'indice d'un perfectionnement des espèces, car nous verrons, en étudiant les formes qui se sont succédé pendant les temps secondaires, que la disparition des espèces est précédée d'un déroulement de plus en plus accentué des individus. Si donc le déroulement est un signe de dégénérescence, l'enroulement doit nécessairement indiquer un progrès.

Fig. 60. — Nautile (*Nautilus Sowerbyi*) du Cénomanien (Crétacé sup.) de Montrichard (Loir-et-Cher). (1/3 de grand. nat.) — Les lignes de suture sont simplement ondulées.

Toutes les ammonites possèdent une coquille cloisonnée, enroulée et à tours contigus; il est donc probable que leurs ancêtres étaient analogues aux nautiles (voir p. 59). Mais, quelles que soient ses formes ancestrales, une fois le type constitué, il devient possible de suivre la série des transformations de la coquille depuis les formes les plus simples jusqu'aux plus perfectionnées.

Origine des ammonites. — Si nous examinons, en effet, la forme des cloisons, nous verrons qu'elles sont régulièrement concaves chez le Nautile et qu'elles dessinent, à la surface de la coquille, une ligne à peine sinueuse (fig. 60); or, chez les premiers ammonitidés primaires, telles que les *Clyménies* (fig. 61, I) et les *Goniatites* (fig. 61, II), par exemple, les cloisons deviennent plus compliquées; elles se raccordent à la coquille par une ligne de suture anguleuse, présentant des sinuosités d'autant plus nombreuses que l'animal est plus âgé [1].

Les ammonitidés paléozoïques ne dépassent pas cette disposition; on exprime ce fait en disant que, dans leur évolution, ils se sont arrêtés au stade goniatite (fig. 61, II).

1. La partie habitée par l'animal lorsqu'il était jeune est naturellement celle qui est la plus rapprochée de l'ombilic.

Dès le début des temps secondaires (Trias), les ammonitidés que l'on rencontre et qui ont reçu le nom de *Cératites* (fig. 61, III), possèdent les mêmes caractères généraux que les précédents, mais la cloison présente une plus grande complication : des dentelures apparaissent déjà sur certaines sinuosités [1]. Enfin, chez les *vraies ammonites*, la cloison devient très compliquée et la ligne de suture dessine, sur la coquille, des arborisations extrêmement riches. On dit alors qu'elle est *persillée* (découpée comme une feuille de persil) (fig. 61, IV et fig. 62).

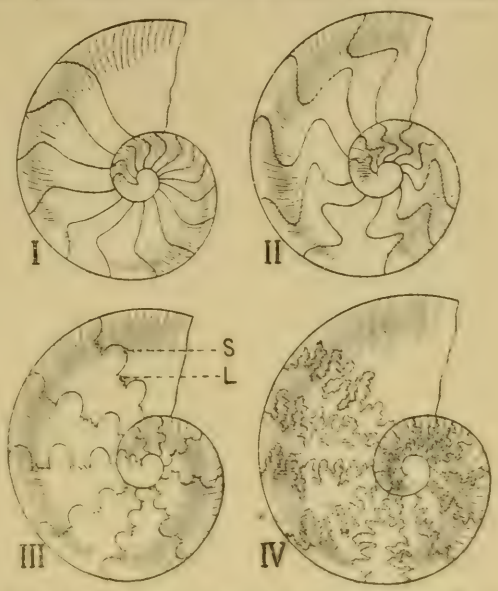


Fig. 61. — Complication progressive de la ligne de suture chez les ammonitidés.
I, Clyménie. — II, Goniatite. — III, Cératite. — IV, Ammonite.

En résumé, on voit que la complication croissante des cloisons permet de suivre la filiation des céphalopodes enroulés, depuis le Nautile jusqu'aux ammonites les plus perfectionnées; toutes les espèces sont reliées les unes aux autres d'une façon telle, qu'il est permis de croire que *les formes les plus récentes* (ammonites) *dérivent des plus anciennes* (cératites, goniatites, clyménies et nautiles) par adaptation à des conditions d'existence qui ne se sont modifiées que très lentement.

Fig. 62. — Ammonite (*Am. cordatus*) de l'Oxfordien (Jurassique sup.) des Vaches-Noires (Calvados) (1/2 de grand. nat.).

Loi de Fritz Müller. — Admettons donc la conclusion précédente, qui découle de l'étude anato-

1. Les festons de la ligne de suture dont la convexité est tournée vers l'ouverture de la coquille ont reçu le nom de *selles* (S, fig. 61, III); les dépressions qui se trouvent entre les selles ont reçu le nom de *lobes* (L, fig. 61, III).

mique des ammonites; nous allons voir que l'étude de leur développement va nous permettre de tirer une conséquence plus curieuse et plus importante encore. On a découvert, en effet, dans les couches secondaires, des ammonites de tout âge : des jeunes, qui n'ont encore qu'un nombre extrêmement restreint de loges, d'autres qui en ont un nombre considérable, et, entre elles, tous les intermédiaires possibles.

Or, on constate que, même chez les types d'ammonites les plus compliqués, la forme des cloisons de l'animal jeune est régulière comme chez le nautile et que le siphon est presque central. Plus tard, quand l'animal vieillit, et que sa coquille s'allonge, elle perd petit à petit ces caractères originels, et arrive à posséder sa forme adulte, c'est-à-dire que la ligne de suture devient persillée et le siphon, ventral.

Donc, en suivant le développement d'une ammonite, on la voit commencer par être nautile, puis n'arriver à prendre nettement la forme ammonite qu'à mesure qu'elle vieillit. Par conséquent, s'il est vrai, comme semble le prouver leur étude anatomique, que les ammonites descendent des nautiles, on voit qu'en se développant, un *individu* reproduit les phases successives de l'évolution qu'a subie son espèce dans la suite des âges.

L'étude des ammonites apporte donc une confirmation intéressante du principe posé par Serres et développé par Fritz Müller, principe qui peut s'énoncer de la façon suivante : *Le développement d'un individu est l'histoire abrégée, raccourcie, de l'évolution de l'espèce à laquelle il appartient.*

Apogée et décroissance des ammonites. — Le groupe des ammonitidés se développe, avons-nous dit, avec une grande abondance de formes dans le cours des temps secondaires; cependant, lorsqu'on arrive à l'époque crétacée, les conditions d'existence, pour ces animaux, se modifient probablement d'une manière assez notable, car on voit les ammonites présenter un caractère nouveau : leurs spires cessent d'être serrées et à tours contigus; en d'autres termes, *elles présentent une tendance au déroulement.*

Ces ammonites déroulées ont reçu des noms spéciaux. Ainsi, le genre *Crioceras*[1] (fig. 63) présente encore une coquille

1. Du grec : *krios*, bélier, et *keras*, corne.

enroulée, mais les différents tours de spire ne se touchent plus. Le déroulement est encore plus accentué dans les genres *Scaphites*[1] (fig. 64) et *Ancyloceras*[2] (fig. 65); enfin, avec le genre *Baculites*[3] (fig. 66), nous arrivons à des formes absolument droites. Les baculites se trouvent dans la partie la plus récente des terrains crétacés. Ces baculites, malgré leur forme, doivent être considérées

Fig. 63. — Criocéras. — Les tours de spire de la coquille ne se touchent plus; même jeune, l'animal marque une tendance au déroulement.

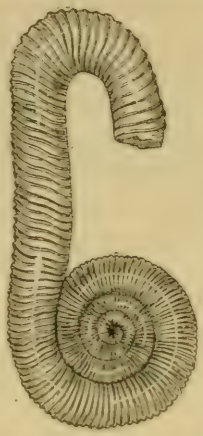


Fig. 64. — Scaphites. — L'animal n'enroule sa coquille que tant qu'il est jeune.

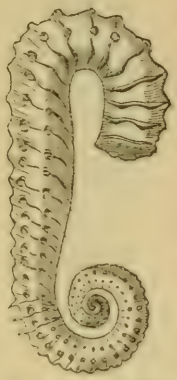


Fig. 65. — Ancyloceras. — Les tours de spire ne se touchent plus même chez l'animal jeune.

comme des ammonitidés modifiés, car les cloisons qui divisent leur coquille en chambres successives ressemblent à celles des véritables ammonites, et le siphon occupe toujours le côté ventral. Ce sont les ammonitidés les plus récents : ils clôturent la série.

Ainsi donc, partis de formes droites (*Orthocères*) pendant l'ère primaire, les céphalopodes reviennent aux formes droites (*Baculites*) à la fin des temps secondaires; mais, entre ces deux limites extrêmes, s'est produit, dans les mers secondaires, l'épanouissement complet des formes enroulées[4].

1. Du grec : *scaphê*, barque.
2. Du grec : *agkulos*, recourbé, et *keras*, corne.
3. Du latin : *baculus*, bâton.
4. Les dimensions des Ammonites sont très variables : quelques espèces dépassent à peine la taille d'une pièce de un centime, tandis qu'on en a rencontré d'autres, notamment dans le crétacé de Westphalie, qui atteignent jusqu'à deux mètres de diamètre.

Descendance des ammonites. — Nous savons que, dès l'époque dévonienne, il existait de véritables ammonitidés ; leur coquille était enroulée et cloisonnée comme celle des nautiles, mais le siphon, au lieu de traverser les cloisons en leur centre, longeait le bord *externe* de la coquille. De plus, ce siphon, au lieu d'être fixé *directement* à la paroi de la loge initiale, comme chez le Nautile, y était rattaché par un petit ligament désigné sous le nom de *prosiphon* (fig. 67).

Fig. 66. — Baculites. — Le déroulement est complet.

Ces dispositions se retrouvent chez un petit céphalopode qui vit encore de nos jours, la *Spirule;* la seule différence réside dans la position du siphon, qui suit le bord interne de la coquille, c'est-à-dire qu'il est dorsal au lieu d'être ventral (fig. 67). Il est donc permis de considérer la Spirule comme le dernier descendant vivant des ammonites secondaires.

Bélemnites. — Les bélemnites [1] étaient des céphalopodes possédant, non plus une coquille externe, comme les ammonites, mais une coquille interne, de nature cornée ou calcaire, logée dans l'épaisseur du manteau [2].

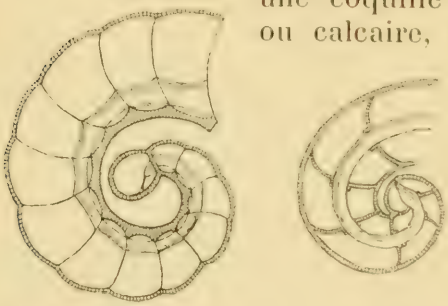


Fig. 67. — Rapports du siphon avec la coquille. — A gauche, une spirule : il y a un *prosiphon* ; à droite, le Nautile : le siphon s'attache directement à la coquille.

Pendant très longtemps, on ne connut que la partie terminale de la coquille des bélemnites qui se rencontre, en effet, fréquemment, dans les assises jurassiques, sous la forme d'un cône allongé (fig. 68), terminé soit en pointe, soit en massue.

En réalité, la coquille complète d'une bélemnite se compo-

1. Du grec : *bélémnon*, trait, flèche, à cause de la forme du fossile.

2. On sait que le sac dans lequel est enfermé le corps des céphalopodes se nomme le *manteau*.

sait de trois parties : le *rostre*[1], le *phragmocône*[2] et le *proostracum*[3].

Le rostre est, le plus souvent, la seule partie conservée de la coquille; il a la forme d'un cigare. Massif dans sa partie inférieure, c'est-à-dire vers la pointe, il porte généralement, à sa partie supérieure, une cavité évasée en forme d'entonnoir (fig. 68).

Fig. 68. — Une Bélemnite, à la partie supérieure de laquelle on voit encore trace de la cavité dans laquelle était logé le phragmocône.

C'est dans cette cavité, creusée à la partie supérieure du rostre (R, fig. 69), que se trouvait logé le phragmocône (P), coquille conique, partagée par des cloisons en chambres successives, absolument de la même manière que la coquille du Nautile ou de l'Ammonite. La chambre initiale forme une dilatation arrondie, à la pointe du phragmocône (fig. 69, I et II). Toutes les cloisons sont traversées par un siphon (S) placé près du bord antérieur de la coquille, et ce siphon est, comme chez les ammonites, fixé à la paroi de la chambre initiale par un petit ligament calcifié, le prosiphon.

Enfin (fig. 69, II), à la partie supérieure du rostre, la paroi dorsale du phragmocône se prolongeait en une lame aplatie (P'), désignée sous le nom de *proostracum* ou *plume;* cette partie, très rarement conservée, était placée dans l'épaisseur du manteau de l'animal.

Place des bélemnites dans la classification. — La disposition cloisonnée du phragmocône et l'existence d'un siphon avaient conduit depuis longtemps les naturalistes à penser que les bélemnites étaient des céphalopodes; et comme on retrouve chez ces animaux les mêmes dispositions que chez les ammonites et chez les spirules, il est permis de croire qu'elles appartenaient aussi au groupe des céphalopodes *dibranchiaux*. D'ailleurs, la découverte d'empreintes entières de l'animal dans les argiles du Jurassique est venue confirmer cette hypothèse.

La bélemnite, de même que les autres céphalopodes pourvus d'une coquille, vivait dans la dernière chambre de son phrag-

1. Du latin *rostrum*, bec.
2. Du grec : *phragma*, cloison.
3. Du grec : *pro*, en avant, et *ostrakon*, coquille : prolongement de la coquille.

mocône; mais, le corps s'accroissant très vite, avait fini par déborder tout autour de la coquille cloisonnée, de sorte que celle-ci s'est trouvée, en définitive, engagée sous les téguments (III, fig. 69). Dès lors, peu utile, le phragmocône s'est réduit de plus en plus, tandis que ses parties accessoires, rostre et plume, s'adaptant de mieux en mieux à leur nouvelle fonction

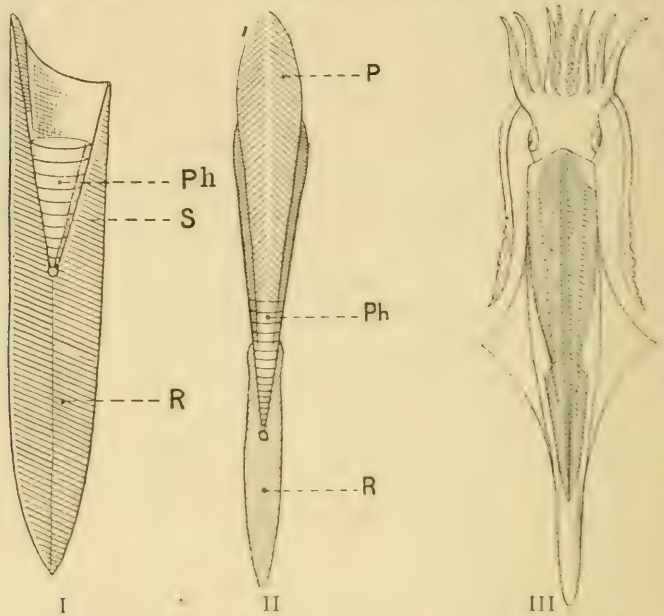


Fig. 69. — Restauration d'une Bélemnite. — A gauche, un rostre (R) de Bélemnite, vu de profil, et coupé pour montrer son phragmocône (Ph) et son siphon (S). — Au milieu, le même, mais vu de face et surmonté de son prolongement plat, la plume ou proostracum (P); Ph est le phragmocône. — A droite, Bélemnite entière et vue de dos. Le corps repose dans la dernière chambre du phragmocône et la plume se prolonge dans le manteau qu'elle soutient.

qui était de soutenir les tissus mous, se développaient et s'allongeaient.

Origine et descendance des bélemnites. — Les bélemnites apparaissent dès le début des temps secondaires (Trias) : on n'a pas, jusqu'ici, rencontré de formes intermédiaires permettant de les relier aux autres céphalopodes paléozoïques; cependant, il est permis de penser qu'elles descendent d'ancêtres possédant une coquille droite et des cloisons simples.

Mais, si l'origine du groupe est encore entourée d'obscurité, il n'en est pas de même de sa descendance : son évolution

ne s'arrête pas, en effet, au stade que nous venons de décrire; elle se poursuit pendant l'ère tertiaire. On voit, dans les formes qui ont vécu à cette époque, le rostre se réduire peu à peu et quand on arrive à la Seiche actuelle, le rostre a complètement disparu et la plume (ou proostracum) a seule persisté; elle prend le nom d'*os de Seiche*[1].

BRACHIOPODES

Les brachiopodes sont en décroissance notable dans le cours des temps secondaires : les deux genres principaux sont les *Rhynchonelles*[2] (fig. 70) et les *Térébratules*[3] (fig. 71).

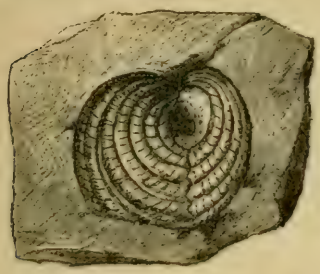


Fig. 70. — Rhynchonelle (*Rh. decorata*) du Bajocien de Caen (2/3 de grand. nat.).

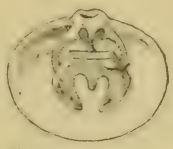


Fig. 71. — Appareil brachial d'une Térébratule.

Ces deux genres, qui vivent encore actuellement, étaient déjà abondamment représentés à l'époque primaire.

ARTHROPODES

L'évolution des arthropodes paraît avoir été rapide, en ce sens que les crustacés et les insectes possèdent, dès les temps secondaires, des caractères à peu près identiques à ceux des espèces qui vivent de nos jours. Il est donc inutile d'insister. Faisons seulement remarquer que c'est le type des Insectes broyeurs (coléoptères, névroptères, orthoptères qui domine pendant les temps secondaires. Ceux qui vivent plus spécialement sur les fleurs, comme les abeilles et les papillons, n'ont fourni que de très rares débris, ce qui nous indique déjà que le groupe des plantes à fleurs devait être encore peu développé.

1. On peut voir à la base de l'os de seiche, une toute petite pointe : c'est le dernier vestige du rostre et du phragmocône des Bélemnites.
2. Du grec : *rhugkos*, bec.
3. Du latin : *terebratus*, perforé.

VERTÉBRÉS

Poissons. — La classe des poissons n'offre rien de bien particulier à signaler : les formes primaires, à queue non symétrique et à squelette cartilagineux, diminuent de nombre et d'importance ; par contre, les poissons osseux, analogues à ceux qui vivent encore de nos jours, deviennent de plus en plus nombreux dans les mers. Chez la plupart d'entre eux, la queue possède deux lobes égaux : elle a donc cessé d'être hétérocerque pour devenir homocerque ; enfin, leur corps, au lieu d'être recouvert par de grandes plaques ou des écailles osseuses, se revêt de petites écailles flexibles, ce qui leur assure une plus grande souplesse et rend leurs mouvements plus faciles. Il existe cependant entre les anciens Poissons de l'ère primaire, à queue irrégulière, et ceux du Jurassique à queue symétrique, des intermédiaires fort intéressants : nous nous contenterons de citer, en particulier, le genre *Lépidotus*, du Trias (fig. 72), chez lequel la queue, tout en restant hétérocerque, a une tendance marquée à prendre la régularité des formes actuelles.

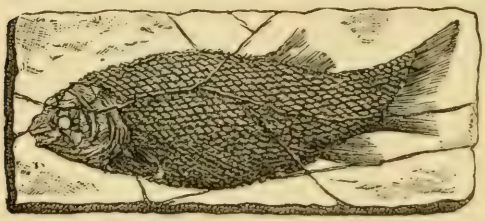


Fig. 72. — Lepidotus, poisson du Trias.

Extension des reptiles. — Les reptiles ont, comme on le sait, fait leur apparition vers la fin des temps primaires ; toutefois, les formes anciennes présentaient encore un certain nombre de caractères qui appartenaient aux batraciens. Mais, pendant l'époque secondaire, les vrais reptiles vont prendre une extension telle, qu'on a pu appeler cette période le *règne des reptiles*.

Au début, on rencontre encore des labyrinthodontes : on trouve aussi des mâchoires appartenant à des animaux qu'on nomme des *Placodus* et dont on a fait tantôt des poissons, tantôt des reptiles ; mais, petit à petit, ces formes primitives s'éteignent et sont remplacées par d'autres de plus en plus perfectionnées dans le sens reptile.

Tous les reptiles secondaires peuvent être répartis en trois

groupes principaux, correspondant aux différents genres de vie auxquels ils se sont adaptés.

1° Les uns, qui sont incontestablement les plus anciens, habitaient les eaux. C'étaient des reptiles essentiellement *nageurs*.

2° Les autres volaient dans l'air à la façon des chauves-souris : ce sont les reptiles *volants*.

3° D'autres, enfin, se sont adaptés à la marche et à la vie terrestre : ce sont les reptiles *marcheurs*.

Reptiles nageurs (***Enaliosauriens***). — Nous citerons seule-

Fig. 73. — Ichthyosaure (longueur de 10 à 12 mètres).

ment, dans ce groupe, les deux principaux genres : l'*Ichthyosaure* et le *Plésiosaure*, dont les membres sont transformés en rames, comme ceux des baleines et des dauphins.

L'Ichthyosaure[1] (fig. 73), dont le nom signifie *poisson-lézard*, est ainsi appelé parce qu'il tient à la fois du poisson et du reptile. Il ressemble aux reptiles par ses longues dents coniques, très nombreuses, et aux poissons par ses vertèbres biconcaves.

Fig. 74. — Tête d'Ichthyosaure montrant l'anneau osseux de la sclérotique.

Les ichthyosaures vivaient au commencement des temps secondaires (Lias) ; leur corps pouvait mesurer jusqu'à douze mètres de long, et leur tête, qui formait à elle seule presque le tiers de la longueur totale du corps de l'animal, était terminée par un museau pointu. Le cou était très court ; les yeux, dont

1. Du grec : *ichthus*, poisson, et *saura*, lézard.

les dimensions pouvaient égaler celles de la tête d'un homme, présentaient une disposition remarquable : autour de la sclérotique existait un cercle de pièces osseuses, formant un solide appareil de protection (fig. 74).

Enfin, à la partie supérieure du crâne, entre les deux os pariétaux, se trouvait un trou assez large où se logeait un troisième œil, l'*œil pinéal*, dont on retrouve encore les traces chez certains lézards actuels, et dont la glande pinéale du cerveau humain est un dernier vestige.

Le *Plésiosaure*[1] possédait les mêmes caractères généraux que l'Ichthyosaure, mais il en différait par sa tête très petite portée à l'extrémité d'un cou très allongé; il vivait surtout vers le milieu de l'époque secondaire.

Plus tard, vécurent encore d'autres reptiles nageurs intéressants à connaître : l'un d'eux, le *Mosasaure* (lézard de la Meuse), découvert en 1780, à Maëstricht, pouvait atteindre 15 mètres de long; sa tête seule mesurait 1m,50 environ.

Pour terminer, citons encore le *Téléosaure*[2] qui vivait vers la fin des temps secondaires (Crétacé) et qui se rapproche encore davantage des reptiles actuels; par son crâne allongé et son museau très étroit, il rappelle assez bien l'espèce de crocodile désignée sous le nom de *Gavial*, qui vit actuellement dans les eaux du Gange.

Reptiles volants (***Ptérosauriens***). — Les reptiles secondaires adaptés au vol sont peu nombreux, mais leur importance est très grande, parce qu'ils nous montrent que deux types, en apparence très différents, les mammifères et les reptiles, peuvent, en s'adaptant à un même genre de vie, acquérir des caractères à peu près identiques.

Nous citerons seulement le *Ptérodactyle* et le *Rhamphorhynque* qui étaient, à l'époque secondaire, ce que les chauves-souris sont à l'époque actuelle.

L'aile des ptérodactyles[3] (fig. 75), comme celle de nos chauves-souris, était formée par un repli de la peau des flancs qui réunissait les membres antérieurs aux membres postérieurs; mais, tandis que, chez les chauves-souris, la mem-

1. Du grec : *plesion*, près, et *saura*, lézard, pour indiquer qu'il ressemble plus au Lézard que l'Ichthyosaure.
2. Du grec : *teleos*, lointain, et *saura*, lézard.
3. Du grec : *pteron*, aile, et *dactulos*, doigt (doigt soutenant l'aile).

brane de l'aile est soutenue par quatre doigts très allongés, le pouce seul étant libre et court, elle était, chez les Ptérodactyles, uniquement soutenue par le cinquième doigt, c'est-à-dire par celui qui correspond à notre petit doigt. La tête était allongée et les mâchoires étaient garnies de dents. Le Ptérodactyle avait la queue très courte ; elle était au contraire très longue chez le Rhamphorhynque [1], et terminée par une sorte de plateau servant de gouvernail.

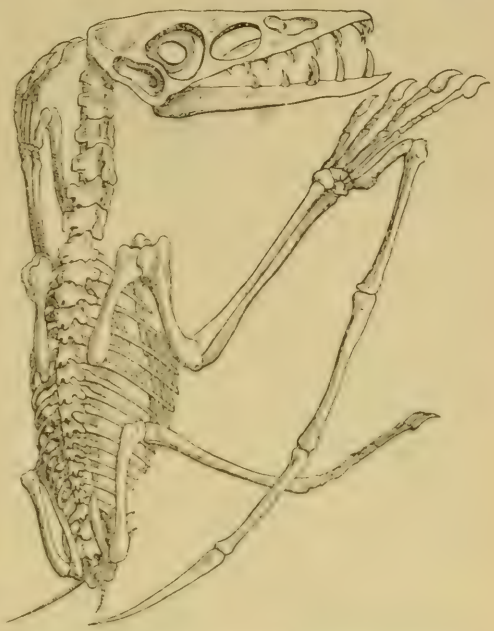


Fig. 75. — Ptérodactyle, reptile volant.

Ces animaux n'ont jamais atteint des dimensions comparables à celles des grands reptiles nageurs ; les plus grands dépassaient à peine la taille d'un corbeau, mais il en existait de beaucoup plus petits dont les dimensions n'étaient pas supérieures à celle de nos moineaux ; cependant, certains *Ptéranodons*, qui ont vécu en Amérique (craie du Kansas), pouvaient déployer jusqu'à 8 mètres d'envergure.

Reptiles marcheurs (*Dinosauriens*). — Nous retrouvons encore, dans le groupe des reptiles marcheurs, un certain nombre de formes remarquables, tant par les dimensions gigantesques de quelques-uns, que par les caractères de certains autres qui nous montrent comment a pu se réaliser le type oiseau.

Les plus curieux de ces reptiles ont été découverts dans les terrains jurassiques de l'Amérique du Nord (région du Colorado).

Le *Brontosaure* [2] (fig. 76) [lézard du tonnerre] possédait

1. Du grec : *ramphos*, bec corné, et *rhugkos*, bec.
2. Du grec : *bronte*, tonnerre, et *saura*, lézard.

quatre membres à peu près égaux. Relativement à ses dimensions, sa tête était très petite; il atteignait de 16 à 18 mètres de longueur.

Le *Stégosaure*[1] (fig. 77), ou lézard écailleux, était aussi un

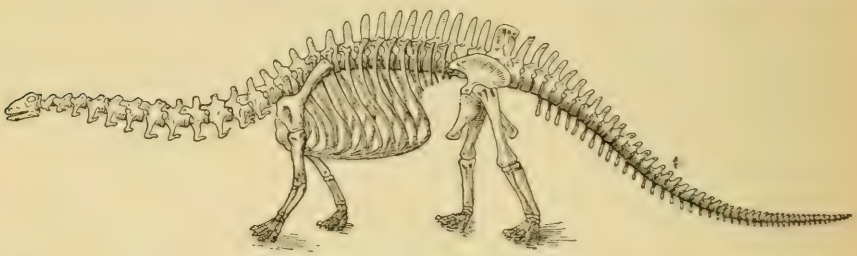


Fig. 76. — Brontosaure, reptile du Jurassique du Colorado (longueur : 18 m.).

lézard de grandes dimensions : il pouvait atteindre 10 mètres de longueur; sa tête était également très petite; ses pattes antérieures étaient plus courtes que les postérieures et il

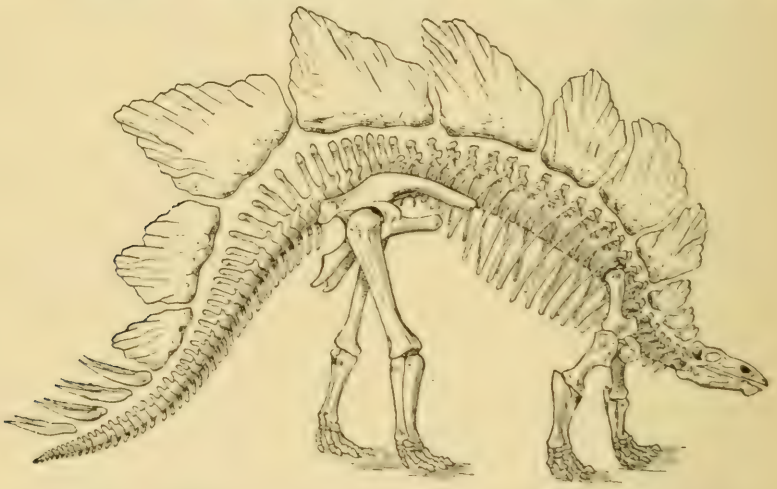


Fig. 77. — Stégosaure, reptile jurassique (longueur : 10 mètres).

avait de grandes plaques osseuses le long de la colonne vertébrale.

Chez l'*Atlantosaure*, les pattes antérieures étaient, de même que chez le Stégosaure, très courtes, mais cet animal offrait des dimensions qui n'ont probablement jamais été dépassées

1. Du grec : *steye*, toit, et *saura*, lézard : à cause des écailles qui ornent son dos.

par aucun animal *terrestre*[1] : son fémur avait, à lui seul, 2 m. 70 de long, ce qui fait supposer que l'animal entier devait atteindre une longueur de 30 à 40 mètres.

Le *Camptonodus* était beaucoup plus petit : il avait la taille d'un chat; mais ses caractères en font un remarquable type de passage. C'était, en effet, encore un reptile, mais ses pattes postérieures, à trois doigts allongés et munies de griffes, étaient déjà construites comme celles des oiseaux.

Enfin, vers la fin de l'époque secondaire (Crétacé), il existait en Europe un grand reptile, l'*Iguanodon* (fig. 78), ainsi nommé parce que ses dents ressemblent à celles d'une sorte de lézard vivant encore actuellement dans l'Amérique et l'Asie équatoriales, et qu'on désigne sous le nom d'*Iguane*.

Fig. 78. — Iguanodon, reptile jurassique (longueur : 10 mètres).

Chez l'Iguanodon, les pattes antérieures, qui ne servaient pas pour la marche, étaient aussi beaucoup plus courtes que les postérieures. En 1878, une vingtaine de squelettes complets d'iguanodons furent trouvés en Belgique, près de Mons; cette découverte permit de constater que la longueur totale du corps pouvait aller jusqu'à 10 mètres.

A l'exception du Brontosaure qui était nettement quadrupède, tous ces reptiles bizarres devaient se tenir à peu près debout, appuyés sur leurs pattes postérieures et sur leur queue, à la façon des kangurous ; quelques-uns étaient herbivores, mais certains possédaient une denture complète comme les carnivores : on a donné à ces derniers le nom de

1. Animal terrestre veut dire *qu'il vit sur la terre* et non dans l'eau ; certains cétacés actuels dépassent en effet ces dimensions.

Thériodontes[1] : enfin, quelques autres, possédant sur leurs lèvres un bec corné semblable à celui des tortues, ont reçu le nom de *Dicynodontes*[2].

Ainsi donc, les nombreuses formes reptiliennes qui ont vécu dans les temps secondaires présentent souvent, réunies dans un même animal, des caractères qu'on trouvera plus tard nettement séparés chez les vrais reptiles, chez les mammifères et chez les oiseaux[3]. Ceci nous indique que les reptiles secondaires pourraient bien être la souche ancestrale de laquelle seraient sortis les mammifères, les oiseaux et les reptiles actuels.

Premiers oiseaux. — Bien que la forme extérieure des oiseaux diffère très sensiblement de celle des reptiles, l'anatomie comparée de ces deux groupes, en apparence si dissemblables, avait révélé des analogies de structure qui ne pouvaient s'expliquer que s'il y avait parenté entre eux. Or, en 1860, on découvrit, dans les schistes lithographiques de Solenhofen, un animal très singulier. Cet animal (fig. 79) possédait des membres terminés par trois doigts libres et pourvus de griffes; l'un des doigts des membres antérieurs portait des plumes : le membre antérieur était donc une aile. D'autre part, la queue ressemblait à celle d'un lézard; mais, sur chacune de ses 22 vertèbres, était fixée

Fig. 79. — Archæopteryx lithographica, animal formant le passage entre les Reptiles et les Oiseaux.

1. Du grec : *thérion*, bête sauvage, et *odous*, *odontos*, dent.
2. Du grec : *dus*, deux, et *kunodous*, canine.
3. Nous avons déjà fait une constatation analogue à propos des Poissons et des Insectes de l'ère primaire.

une paire de plumes. Enfin, les maxillaires, allongés en une sorte de bec d'oiseau, étaient garnis de dents implantées dans des alvéoles, comme chez les reptiles. On a donné à ce reptile-oiseau, le nom d'*Archæoptéryx*[1].

Les plumes ne paraissent avoir existé que sur les membres antérieurs et sur la queue de l'Archæoptéryx : on ne sait pas si le corps de cet étrange animal était nu, ou s'il était recouvert d'un duvet plus ou moins fin.

Les restes de l'Archæoptéryx sont malheureusement très rares ; il n'en existe jusqu'ici que deux exemplaires, tous deux découverts en Bavière, dans les schistes lithographiques de Solenhofen : le premier échantillon, très incomplet, a été acheté 15 000 francs par le British Museum ; il est actuellement à Londres. Le deuxième exemplaire, trouvé dix-sept ans plus tard (1877), est dans un excellent état de conservation ; la tête est distincte, ainsi que les quatre doigts des membres antérieurs ; cet exemplaire, qui a été acheté 25 000 francs, figure actuellement au musée de l'Université de Berlin. C'est celui dont nous donnons une figure.

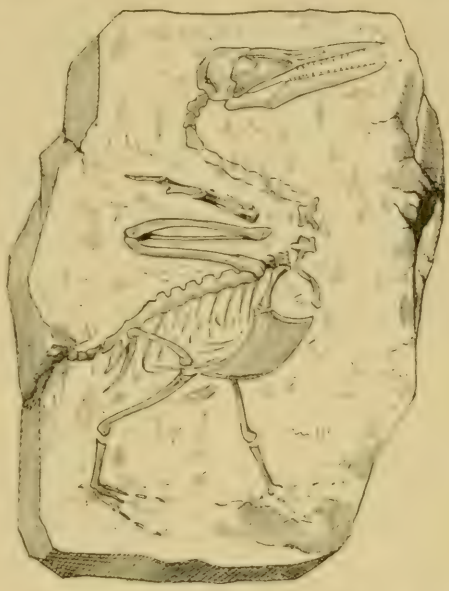


Fig. 80 — Ichthyornis. — Oiseau du Crétacé d'Amérique.

L'Archæoptéryx représente donc un type intermédiaire entre les reptiles et les oiseaux ; on pourrait le considérer comme une sorte de lézard emplumé.

Les assises schisteuses dans lesquelles ont été découverts les restes de l'Archæoptéryx appartiennent à la période jurassique ; on peut donc en conclure que les oiseaux ont apparu vers le milieu des temps secondaires et qu'ils sont les descendants des reptiles. Nous avons, d'ailleurs, déjà dit que l'anatomie comparée des reptiles et des oiseaux actuels

1. Du grec : *arkaios*, ancien, et *pterus*, plume ; parce que c'est une plume isolée de cet animal qui fut découverte en premier lieu.

avait fait prévoir ce résultat, et l'on peut dire que l'on attendait l'Archæoptéryx, avant de l'avoir découvert.

On a également trouvé, dans les assises crétacées d'Amérique, des débris d'oiseaux beaucoup mieux organisés que l'Archæoptéryx; l'un, l'*Hespérornis* [1], atteignait environ un mètre de hauteur. C'était une sorte de palmipède; ses ailes antérieures étaient à l'état rudimentaire, et ses mâchoires portaient des dents; mais l'absence de bréchet, comme chez les autruches, et le faible développement des ailes sont deux caractères qui indiquent que cet animal ne devait pas pouvoir voler. Un autre, l'*Ichthyornis* [2] (fig. 80), était plus perfectionné, dans le sens oiseau, que l'Hespérornis, bien qu'il eût encore des vertèbres biconcaves, comme celles des poissons, et des dents comme les reptiles; néanmoins, on peut dire que c'est pendant l'époque jurassique que le type oiseau s'est constitué.

Mammifères. — Les mammifères, qui sont les plus parfaits des animaux vertébrés, apparaissent également au début des temps secondaires : le plus ancien, *Dromatherium sylvestre*, se trouve dans le Trias de l'Amérique du Nord; les autres, *Phascolotherium* (fig. 81), *Amphitherium*, appartiennent au Jurassique. On n'en a pas encore de squelettes entiers; on ne possède que des dents, des mâchoires et des fragments de membres. Si incomplets qu'ils soient, ces débris suffisent pour faire voir que les mammifères de cette époque appartenaient aux formes les plus inférieures du groupe, c'est-à-dire aux marsupiaux, dont quelques formes vivent actuellement en Australie (kangourous) et dans l'Amérique du Sud (sarigues).

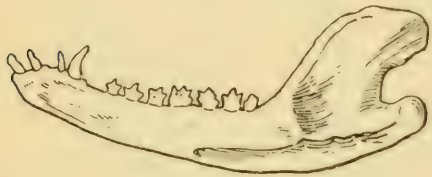


Fig. 81. — MÂCHOIRE DE PHASCOLOTHÉRIUM, découverte dans le Jurassique supérieur.

Ces premiers mammifères étaient très petits; les plus grands avaient à peu près la taille d'un hérisson ou d'un lapin; leurs dents molaires, très nombreuses, étaient garnies de tubercules pointus qui rappellent ce que l'on observe aujourd'hui chez les insectivores (fig. 81) ; ils paraissent avoir vécu pendant toute la durée

1. Du grec : *hespera*, occident, et *ornis*, oiseau.
2. Du grec : *ichthus*, poisson, et *ornis*, oiseau : oiseau-poisson.

des temps secondaires sans modifications sensibles: nous les retrouverons pendant l'ère tertiaire où ils prennent alors un développement considérable, à ce point que leurs innombrables formes serviront à caractériser l'âge tertiaire, comme les reptiles caractérisent les temps secondaires.

RÉSUMÉ DE LA FAUNE DES TEMPS SECONDAIRES

Les *Protozoaires* continuent, sans grandes modifications, les Protozaires primaires.

Les *Echinodermes*, descendants directs des cystidés primaires, sont fixés ou libres : fixés, ce sont les *Encrines;* libres, ce sont les *Oursins* réguliers ou irréguliers.

Les invertébrés les plus caractéristiques des temps secondaires sont les *Ammonites* et les *Bélemnites*. Les ammonites, qui étaient d'abord enroulées, descendent des nautilidés de la faune primaire par les goniatites et les cératites. Elles se déroulent à la fin des temps secondaires, puis disparaissent tout à fait au début de l'ère tertiaire. Quant aux bélemnites, c'étaient des animaux analogues à nos seiches et à nos calmars.

Mais ce qui donne à la faune secondaire tout son caractère, c'est l'abondance des reptiles dont plusieurs atteignaient des tailles gigantesques. Quelques-uns d'entre eux se sont adaptés au vol : les uns (ptérodactyles) volaient à la façon des chauves-souris actuelles; ses autres possédaient des plumes et leurs membres antérieurs étaient transformés en ailes. Ce sont ces derniers qui ont été la souche des oiseaux; les premiers, c'est-à-dire les ptérodactyles, ont disparu.

Enfin, les quelques rares mammifères que l'on rencontre dans les terrains secondaires présentent tous le caractère marsupial.

CHAPITRE IV

LES TEMPS TERTIAIRES

Généralités. — Ce qui frappe surtout lorsqu'on considère dans leur ensemble les animaux et les plantes qui ont vécu pendant les temps tertiaires, c'est que ces animaux et ces plantes se rapprochent beaucoup plus des formes actuelles que ceux des époques précédentes.

Les grands reptiles de l'époque secondaire ont disparu; les seules formes qui persistent sont celles qui vivent encore de nos

jours. Il en est de même (sauf quelques rares exceptions) pour les oiseaux : bien que parfois pourvus de dents, les oiseaux tertiaires ne présentent plus, avec leurs ancêtres reptiliens, qu'une analogie très lointaine.

Les céphalopodes qui peuplaient les mers jurassiques et crétacées vont s'éteindre : les dernières ammonites se rencontrent, en effet, en Californie, tout à fait à la base des assises tertiaires (*Éocène*); quant aux bélemnites, elles se transforment rapidement, et, par la disparition progressive de leur rostre, nous amènent aux spirules[1] et aux céphalopodes nageurs, Seiche, Calmar et Argonaute, qui vivent dans les mers actuelles.

Par contre, *les mollusques lamellibranches et gastéropodes se développent avec une extraordinaire ampleur :* aux formes exclusivement marines, vont s'ajouter des espèces d'eau douce et même des espèces terrestres.

Les véritables rudistes ont disparu.

Les protozoaires existent toujours.

Mais le fait caractéristique de cette période est le grand développement que prennent les mammifères.

DIVISION DES TEMPS TERTIAIRES

Les étages tertiaires. — L'ensemble des dépôts tertiaires comprend quatre subdivisions principales qui se distinguent les unes des autres par la proportion plus ou moins grande des coquilles actuelles qu'elles renferment et qui correspondent aux périodes *éocène*, *oligocène*, *miocène* et *pliocène*.

Période éocène[2]. — Cette période est ainsi nommée parce que c'est dans les dépôts de cet âge que l'on commence à trouver une faune et une flore qui préparent la faune et la flore actuelles : environ 3 à 4 p. 100 des espèces éocènes vivent encore de nos jours.

C'est vers la fin de l'éocène que le gypse se dépose dans les lagunes de la région parisienne. Comme beaucoup de mammifères vivaient sur le bord de ces lagunes, un grand

1. Chez la Spirule, le rostre a complètement disparu et la petite coquille nacrée qu'on retrouve sous les téguments correspond au phragmocône des bélemnites.

2. Du grec : *eôs*, aurore, et *kainos*, récent; Éocène signifie que cette époque peut être considérée comme l'aurore de l'époque actuelle.

nombre d'entre eux furent enfouis dans la vase, et l'on retrouve maintenant leurs ossements à l'état fossile [1].

Nous pouvons citer, parmi ces mammifères, le *Palæotherium*, l'*Anoplothérium* et le *Xiphodon* (voir p. 109 et 113).

C'est aussi vers la fin de la période éocène que se produisit le ridement qui donna naissance aux Pyrénées.

Période oligocène [2]. — Les dépôts de cet âge se rencontrent au sommet des collines, dans le bassin de Paris, ce qui indique que ce sont les dernières formations marines de cette région; en effet, à ce moment, la mer quitte définitivement le nord de la France.

C'est pendant la période oligocène que vivait l'Anthracothérium.

Période miocène [3]. — La proportion des espèces actuelles est d'environ 20 p. 100 dans les dépôts d'âge miocène. La mer s'avance encore sur l'Aquitaine, et dans les régions de l'ouest (Basse-Loire et Bretagne); elle dépose des calcaires d'une nature toute particulière que l'on désigne sous le nom de *faluns*. A la même époque, elle abandonne dans la région des Alpes, en Suisse notamment, un calcaire qui, s'imprégnant facilement d'humidité, est très mou au moment où on l'extrait du sol, et a, pour cette raison, reçu le nom de *Mollasse*. Comme la Mollasse est relevée dans les Alpes à plus de 2000 mètres de hauteur, on en conclut que la dernière poussée qui a produit le plissement alpin est postérieure au dépôt de cette roche.

Les fossiles caractéristiques de cette époque sont principalement des mammifères; nous signalerons seulement le *Mastodonte* (p. 110), le *Dinothérium* (p. 111) et l'*Hipparion* (p. 114).

Période pliocène [4]. — Le nombre des espèces actuelles est de 50 p. 100 environ; les dépôts de cet âge sont peu nombreux et peu étendus en France, ce qui montre que notre pays avait déjà acquis sa configuration actuelle.

1. C'est surtout sur les ossements de ces mammifères qu'ont porté les restaurations de Cuvier.

2. Oligocène, du grec : *oligos*, peu, et *kainos*, récent; peu récent si on le compare au Miocène et au Pliocène.

3. Miocène, du grec : *meion*, moins, et *kainos*, récent; moins récent si on le compare au Pliocène.

4. Pliocène, du grec : *pleion*, plus, et *kainos*, récent; plus récent que l'Éocène, l'Oligocène et le Miocène.

Les mammifères pliocènes étaient à peu près semblables à ceux qui vivent de nos jours : il y avait des hippopotames, des rhinocéros, des bœufs; enfin, les véritables chevaux succèdent aux hipparions de l'époque précédente.

FAUNE DES TEMPS TERTIAIRES

PROTOZOAIRES

Nummulites. — Les *Nummulites* peuvent être considérées comme l'une des formes fossiles les plus caractéristiques du début des temps tertiaires, c'est-à-dire de l'*Éocène;* elles appartiennent au groupe des foraminifères.

La carapace des nummulites est formée par un tube enroulé sur lui-même, en spirale (fig. 82), et divisé en loges successives par des cloisons obliques et incomplètes. Toutes les chambres ainsi délimitées communiquent entre elles. La coquille était percée de trous par lesquels l'animal émettait au dehors des filaments protoplasmiques très fins, appelés *pseudopodes*, et à l'aide desquels il capturait les petits animaux ou les particules organiques qui constituaient sa nourriture [1].

Les nummulites présentent une forme aplatie qui rappelle celle d'une pièce de monnaie : c'est ce qui leur a valu leur nom (*nummus*, écu). Leur grandeur varie depuis la taille d'une lentille jusqu'à celle d'une pièce de cinq francs. Elles se développèrent en si grande abondance dans la région méditerranéenne, au début des temps tertiaires, que certains calcaires en sont, pour ainsi dire, entièrement formés : tel est, par exemple, le calcaire d'Égypte qui a servi à la construction des Pyramides. Elles se rencontrent aussi dans le bassin de Paris, notamment aux environs de Soissons, où elles forment des bancs calcaires que les ouvriers désignent sous le nom pittoresque de *pierre à liards*.

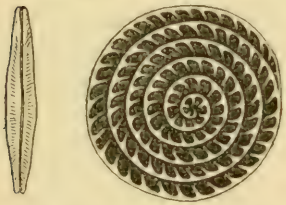


Fig. 82. — Nummulite (*Nummulites nummularia*). — A gauche, nummulite vue de profil. A droite, la même vue de face, coupée en long (grand. nat.).

1. C'est à cette particularité que ces animaux doivent leur nom de foraminifères : *foramen*, trou; *fero*, je porte.

Ces nummulites existaient déjà à l'époque primaire, où elles étaient d'ailleurs très rares; on les retrouve aussi dans les terrains secondaires, mais c'est seulement au début de l'époque tertiaire que leur nombre devient considérable; toutefois, leur règne fut très éphémère: elles étaient déjà en pleine décroissance pendant la période oligocène, et l'on n'en connaît plus, actuellement, que trois ou quatre très petites espèces, qui vivent dans la Méditerranée.

Les *Miliolites* appartiennent également au groupe des foraminifères; elles doivent leur nom à leur forme et à leur taille qui rappellent à peu près celles d'un grain de millet. On les rencontre parfois formant des bancs entiers, dans le Calcaire grossier des environs de Paris.

RAYONNÉS

Échinodermes. — L'importance des échinodermes est beaucoup moins grande qu'à l'époque secondaire; ce sont les oursins à symétrie bilatérale[1] qui dominent, et leurs formes se rapprochent de plus en plus des formes actuelles.

MOLLUSQUES

Les céphalopodes sont en voie de disparition; les lamellibranches sont très nombreux et leurs formes rappellent beaucoup les formes

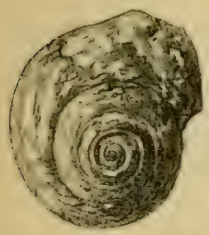


Fig. 83. — Hélix (*H. Coulojoni*) du Pliocène d'Ambérieu (Ain) (2/3 de grand. nat.).

Fig. 84. — Lymnée (*Lymnæa longiscata*) du Calcaire de Saint-Ouen (1/2 de grand. nat.).

Fig. 85. — Planorbe (*Planorbis cornu*) du Calcaire de la Brie (2/3 de grand. nat.).

actuelles. Quant aux gastéropodes, ils sont extrêmement abondants et l'on voit apparaître des formes terrestres comme

1. Voir la note 2 de la page 76.

les *Hélix* (escargots : fig. 83) ou des formes d'eau douce, telles que les *Lymnées* (fig. 84) et les *Planorbes* (fig. 85).

Parmi les gastéropodes marins, nous citerons surtout les *Cérithes*, dont les nombreuses espèces servent à caractériser beaucoup d'assises des sédiments tertiaires.

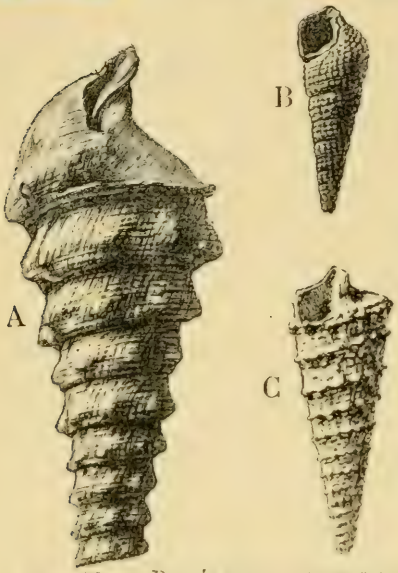


Fig. 86. — Différentes formes de Cérithes. - A, *Cerithium giganteum* du Calc. grossier (Éocène moyen). — B, *Cerithium plicatum* des Sables d'Étampes. — C, *Cerithium denticulatum* du Calc. grossier (B et C sont de grandeur naturelle; A est réduit au 1/6 de la grandeur naturelle).

Les cérithes ont une coquille de forme allongée, enroulée en hélice, et dont les différents tours de spire présentent des ornements très variés : ce sont tantôt des pointes (fig. 86, C), tantôt des tubercules (fig. 86, B), tantôt des granulations. Ces mollusques sont, en général, de petite taille; cependant on en rencontre une espèce, dans le Calcaire grossier des environs de Paris, le *Cérithe géant* (fig. 86, A), qui peut atteindre une longueur de 50 centimètres.

Les cérithes vivent encore de nos jours dans les régions méditerranéennes; mais ils ont été très abondants surtout dans la première moitié des temps tertiaires; ils se tenaient probablement à peu de distance des côtes, et même quelquefois dans les eaux saumâtres, à l'embouchure des fleuves. On voit donc que les mollusques tertiaires sont très voisins des mollusques actuels.

ARTICULÉS

Les articulés de l'époque tertiaire sont, eux aussi, extrêmement voisins de ceux qui vivent de nos jours.

Insectes. — Dans la classe des insectes, en particulier, aux broyeurs qui vivaient pendant les temps secondaires, s'ajoutent des formes qui recherchent plus spécialement les aliments liquides et le suc des fleurs : les papillons font leur apparition.

On a rencontré des insectes fossiles dans un grand nombre de localités; mais l'un des gisements les plus intéressants est certainement l'*ambre jaune* des côtes de la mer Baltique. L'ambre ou *succin* est une résine fossile, produite par les pins qui couvraient, à l'époque oligocène, la Finlande et la Scandinavie. De nombreux insectes, englués par cette résine, alors qu'elle était encore à l'état liquide, s'y sont admirablement conservés (fig. 87).

Fig. 87. — Moustique trouvé dans l'*ambre jaune*, résine fossile de l'époque oligocène (1/2 de grand. nat.).

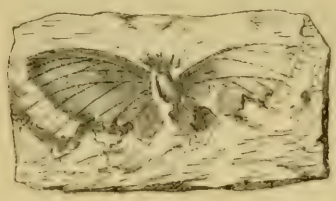


Fig. 88. — Papillon du genre Vanesse du Tertiaire des Bouches-du-Rhône (1/2 de grand. nat.).

En France, les gypses d'Aix-en-Provence ont fourni le premier papillon fossile connu (fig. 88).

VERTÉBRÉS

Poissons. — Parmi les poissons anciens, à queue hétérocerque et à squelette cartilagineux, le groupe des *Squales* (requins) paraît être le seul qui soit encore représenté; on a trouvé, en effet, dans les premières assises des terrains tertiaires, de nombreuses dents conformées comme celles des requins (fig. 89). Quant aux autres poissons, leur squelette est complètement ossifié, et ils ressemblent à ceux qui vivent de nos jours : on trouve déjà des perches, des brochets, etc.

Batraciens. — Les batraciens appartiennent tous à des groupes qui vivent actuellement, mais ils pouvaient atteindre une taille très grande; c'est ainsi qu'en 1725, on découvrit en

Suisse, dans les calcaires d'Œningen, aux environs de Constance, les restes d'une salamandre atteignant 1 m. 25 de longueur [1].

Des salamandres de grande taille (*Cryptobranchus*) existent encore actuellement au Japon.

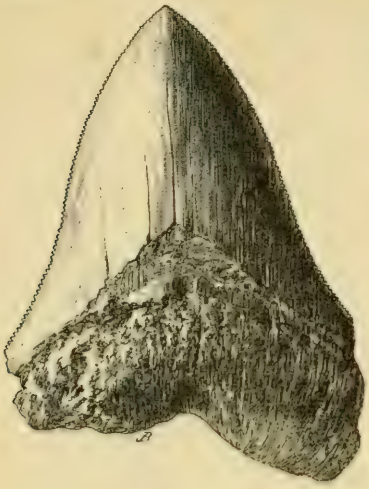


Fig. 89. — Dent de requin (*Carcharodon megarodon*) des faluns de Touraine (1/2 de grand. nat.).

Reptiles. — La classe des reptiles est, pendant les temps tertiaires, en voie de diminution rapide ; les grands reptiles secondaires ont disparu et, comme taille et comme forme, les espèces tertiaires se rapprochent de celles de nos jours : on trouve des crocodi-

Fig. 90. — Squelette d'oiseau fossile (Passereau) du gypse de Montmartre (1/2 de grand. nat.).

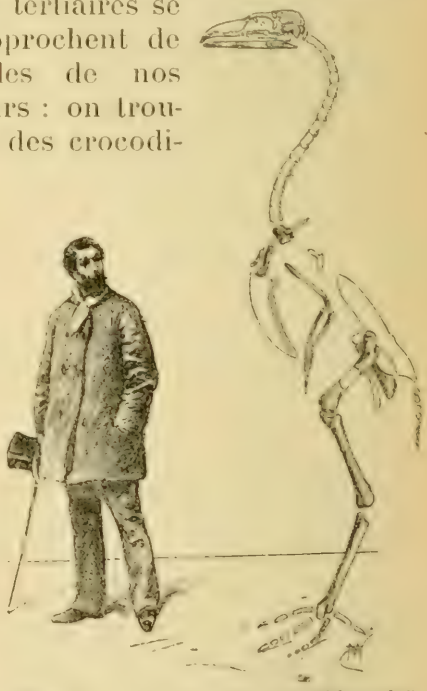


Fig. 91. — Gastornis (*G. Edwardsi*). Éocène de Cernay, près de Reims. Cet oiseau est très voisin de celui qui a été trouvé à Meudon.

1. Ces ossements furent tout d'abord regardés comme ayant appartenu à un homme qui reçut le nom d'*homme témoin du déluge* (*homo diluvii testis*) ; ce fut Cuvier qui établit la nature véritable de ces ossements.

les, des caïmans, des tortues et même de véritables serpents.

Oiseaux. — De nombreux oiseaux ont été rencontrés dans les sédiments tertiaires, et la plupart d'entre eux ressemblent à ceux qui existent à l'époque actuelle (fig. 90); cependant, parmi les espèces qui ont vécu et qui se sont éteintes dès le début des temps tertiaires, nous pouvons citer le *Gastornis* (fig. 91).

Le Gastornis, trouvé tout d'abord dans l'argile plastique de Meudon (Éocène inférieur), en 1855, est l'un des plus grands oiseaux qui aient jamais existé. Par l'ensemble de ses caractères, cet oiseau peut être considéré comme intermédiaire entre les autruches et les palmipèdes.

Un fait mérite encore d'être signalé : les restes de flamants que l'on rencontre dans les couches oligocènes de l'Auvergne, indiquent que le climat de la France à l'époque tertiaire était plus chaud que celui des temps présents, car ces oiseaux habitent exclusivement les pays chauds (Espagne et Afrique).

L'étude de tous les groupes précédents d'animaux qui peuplaient la France pendant les temps tertiaires, suffirait à nous montrer que *cette époque est bien la préparation, en quelque sorte la préface des temps actuels.*

L'examen des mammifères, si caractéristiques de l'ère tertiaire, ne va faire que confirmer cette manière de voir.

SUITE DES VERTÉBRÉS
GRANDE EXTENSION DES MAMMIFÈRES

Les animaux les plus importants des temps tertiaires sont incontestablement les mammifères, qui acquièrent, à cette époque, leur extension maximum, avec une variété de formes et des dimensions qui n'ont jamais été dépassées, car les espèces qui vivent de nos jours, quoique nombreuses encore, représentent une faune amoindrie et visiblement en voie de décroissance.

Les mammifères actuels appartiennent à quatre groupes principaux, d'importance fort inégale. Ce sont :

Les Marsupiaux, caractérisés par la forme de leurs mâchoires et par la poche qu'ils portent sous le ventre pour abriter leurs petits (Ex. : Sarigue).

Les Mammifères piscifórmes, adaptés à la vie aquatique, et

dont le corps prend une forme allongée rappelant celle des poissons (Ex. : Baleine).

Les Onguiés (mammifères à ongles très développés), dont les doigts sont *entourés*, à leur extrémité, par des ongles en forme de cornet qu'on nomme des *sabots* (Ex. : Porc, Bœuf, Cheval, etc.).

Les Onguiculés (mammifères à petits ongles), dont les doigts sont terminés par des griffes ou par des ongles aplatis, ne recouvrant qu'une seule face du doigt (Ex. : Homme, Chien, Lapin, etc.).

Nous allons passer successivement en revue ces différents groupes.

Marsupiaux. — *Pendant toute la durée des temps secondaires les animaux de ce groupe furent à peu près les seuls représentants de la classe des mammifères;* or, comme il en existe encore actuellement, il est, on le comprend, tout naturel de les retrouver à l'époque tertiaire : ils y sont, en effet, assez nombreux.

Descendance des marsupiaux tertiaires. — A l'époque où se déposait l'Éocène inférieur, vivait en France le *Néoplagiaulax* [1], qui se rapproche beaucoup du Kangouroo-Rat, marsupial actuel d'Australie.

A un niveau plus élevé, dans le gypse de Montmartre, qui appartient à l'Éocène supérieur, Cuvier a trouvé les restes d'un Marsupial se rapprochant plutôt des sarigues actuelles de l'Amérique du Sud, que des marsupiaux australiens.

Il faut en conclure que, *déjà, à l'époque du gypse, les marsupiaux d'Europe s'étaient éloignés du type australien et évoluaient vers le type américain.*

Cette constatation n'a rien qui doive nous surprendre : reportons-nous, en effet, à la fin des temps secondaires, au moment où l'affaissement du Pacifique séparait l'Australie du continent chinois dont elle faisait partie. L'examen de la carte n° 9 (p. 32) nous fait voir qu'il existait alors, en dehors de l'Australie désormais isolée, de vastes continents.

A ce moment tous les mammifères existants, aussi bien sur les continents qu'en Australie, étaient des marsupiaux.

Dès le début de l'ère tertiaire les prodromes du plissement alpin se

1. Ainsi nommé parce qu'il rappelle le *Plagiaulax* du Jurassique. On a découvert ses ossements dans l'Eocène inférieur de Cernay (Marne).

firent sentir et amenèrent de grands changements dans les conditions biologiques des continents, tandis que ces conditions restaient sensiblement les mêmes en Australie. Par conséquent, la faune mammifère d'Australie, n'ayant aucun motif pour évoluer, s'immobilisa dans la forme marsupiale qu'elle avait et qu'elle a toujours conservée depuis.

Mais il n'en était pas de même des mammifères continentaux : ceux-ci se transformaient afin de s'adapter aux conditions variables qu'ils subissaient : les uns perdaient peu à peu la forme marsupiale, se développaient, se multipliaient et donnaient naissance à cette faune extrêmement riche de mammifères que l'on retrouve dans les dépôts du gypse et aux temps quaternaires.

Les autres ne perdaient pas le caractère marsupial; mais, tout en restant marsupiaux, ils évoluaient et par conséquent s'éloignaient du type primitif conservé par les animaux d'Australie. Or, le fait d'être restés marsupiaux les plaçait dans des conditions très inférieures; ils s'effaçaient donc peu à peu devant les autres mammifères mieux adaptés et disparaissaient au milieu des temps tertiaires.

Seule, la Sarigue a réussi à se maintenir jusqu'à notre époque, et comme elle dérive en ligne directe des marsupiaux qui étaient en voie de disparition à l'époque du gypse, il est tout naturel que ceux-ci lui ressemblent plus qu'ils ne ressemblent aux marsupiaux australiens, dont une évolution déjà longue les avait détachés.

Mammifères pisciformes. — On ne sait presque rien sur les ancêtres des animaux de ce groupe, si nettement adaptés à la vie aquatique; les formes fossiles que l'on rencontre à partir de l'Éocène sont déjà très spécialisées et presque analogues à celles qui vivent de nos jours. Divers indices cependant tendraient à faire supposer que les baleines, les cachalots et leurs congénères sont les descendants directs des grands reptiles nageurs de l'ère secondaire. Mais il est nécessaire de faire observer que cette manière de voir est, jusqu'à présent, purement hypothétique.

Mammifères ongulés. — Le nombre des ongulés qui vivaient à l'époque tertiaire est considérable; mais comme les animaux du début des temps tertiaires présentaient, réunis chez le même individu, des caractères aujourd'hui séparés et répartis dans les différents ordres, on a pu, assez facilement, arriver à reconnaître les formes ancestrales de la plupart des groupes, attendu que ces formes sont comme la synthèse même de ces groupes.

Nous savons que, dans la nature actuelle, il existe deux catégories d'ongulés :

1° Les *ongulés à doigts pairs* (*Paridigités*), tels que le Porc, le Bœuf, etc., dont les membres se terminent par 4 ou 2 doigts.

2° Les *ongulés à doigts impairs* (*Imparidigités*), tels que l'Éléphant, le Rhinocéros, le Cheval, dont les membres se terminent par 5 doigts, 3 doigts ou 1 doigt.

Il est extrêmement probable que, par suite d'une évolution très lente, ces ongulés, à quelque groupe qu'ils appartiennent, descendent tous d'ancêtres qui possédaient des membres à 5 doigts, et que l'on retrouve dans les premières assises des sédiments éocènes.

Cause de la réduction du nombre des doigts chez les ongulés. — Si nous considérons que la marche d'un animal est d'autant plus assurée et sa course d'autant plus rapide, que le nombre des doigts de chaque membre est plus réduit, et que les doigts qui persistent sont plus longs, nous aurons le droit d'en conclure que la réduction du nombre des doigts et l'allongement des membres sont le résultat d'une adaptation de plus en plus parfaite à une marche rapide, adaptation qui se trouvait être en même temps, comme nous allons le voir, une condition favorable dans la lutte pour l'existence.

Tous les ongulés, en effet, sont herbivores et constituent une proie tout indiquée pour les carnivores. Or, les herbivores, animaux en général inoffensifs et mal pourvus de moyens de défense, ne peuvent se soustraire que par la fuite à la dent des carnivores, et il est clair que, au début, ceux-là se trouvaient le mieux outillés pour fuir qui avaient moins de doigts à chaque membre, et des membres plus longs.

Par conséquent, les ongulés tertiaires qui échappaient le mieux à la poursuite des carnivores étaient ceux chez lesquels se manifestait une tendance à la réduction du nombre des doigts, en même temps qu'à l'allongement des membres. Les autres disparaissaient peu à peu. Les ongulés à membres longs et munis d'un nombre réduit de doigts, tendaient donc à prédominer et transmettaient à leurs petits ce caractère adaptatif qu'ils avaient acquis.

Parmi ceux-ci, et pour les mêmes causes, une nouvelle sélection[1] s'opérait ; de sorte que, à la longue, la *lutte pour l'exis-*

1. Voir p. 137, Évolution des êtres organisés.

tence a eu pour effet d'amener les générations successives d'ongulés à avoir, à chaque membre devenu très long, un nombre de doigts de plus en plus faible.

Ces considérations, si logiques, avaient conduit le naturaliste américain Cope à affirmer, dès 1874, que tous les ongulés, les paridigités comme les imparidigités, devaient descendre de formes à cinq doigts, et il eut le bonheur de découvrir lui-même, en 1883, dans l'Éocène du Nouveau Mexique, ces formes ancestrales qu'il avait devinées.

L'un des types les plus importants de ces anciens mammifères, ancêtres probables de tous les ongulés, appartient au genre *Periptychus*. Les représentants de ce genre devaient avoir la taille d'un mouton et étaient plantigrades [1].

Ongulés à doigts pairs (***Paridigités***). — Etudions tout d'abord l'évolution des ongulés à doigts pairs, qui comprennent aujourd'hui :

1° Les *Porcins* dont les membres sont terminés par 4 doigts;

2° Les *Ruminants*, dont les membres ne possèdent plus que 2 doigts.

1° *Évolution des Porcins.* — Le type le plus ancien est le *Pantolestes*, que l'on considère comme la souche du groupe entier; il dérive, cela va sans dire, du Périptychus, mais il ne possède déjà plus, à chaque patte, que *4 doigts à peu près égaux.*

Les ongulés à *4 doigts inégaux* commencent à apparaître dès le début de l'époque tertiaire, avec le *Chéropotame* [2] découvert dans le gypse parisien (Eocène supérieur); puis vient ensuite le genre *Cebochœrus* [3] (Oligocène) dont les deux doigts latéraux sont encore bien développés; enfin, au Miocène, apparaît le *Palæochœrus* [4], qui est l'ancêtre direct du porc actuel, dont il possède presque tous les caractères.

Notre porc commun existait déjà vers la fin du Miocène supérieur (*Sus antiquus*). Quant au sanglier, il descend vraisemblablement d'une branche collatérale de ces Porcins tertiaires.

1. On nomme ainsi les animaux qui posent le talon à terre, qui marchent sur la plante des pieds.
2. Du grec : *choïros*, cochon, et *potamos*, fleuve.
3. Du grec : *kebos*, singe, et *choïros*, cochon.
4. Du grec *palaios*, ancien, et *choïros*, cochon.

Nous pouvons donc résumer ainsi la lignée des porcins, qui commence au *Périptychus* pour finir au porc actuel :

1° *Périptychus*, plantigrade à 5 doigts (Éocène inférieur).

2° *Pantolestes*, 4 doigts égaux (Éocène inférieur).

3° *Chéropotame* à 4 doigts inégaux (Éocène supérieur).

4° *Cebochœrus*, les 4 doigts encore plus inégaux (Oligocène).

5° *Palæochœrus*, 4 doigts très inégaux : les deux latéraux très petits (Miocène).

6° *Porc actuel.*

Presque tous ces animaux devaient vivre en troupes nombreuses, car leurs ossements se rencontrent généralement en abondance dans certains gisements.

2° *Évolution des ruminants.* — Les ruminants descendent vraisemblablement des mêmes formes ancestrales que les porcins, car on trouve, dans les assises inférieures du système tertiaire, une série de types intermédiaires entre ces deux groupes. Chez ces types, que l'on a désignés sous le nom de *porcs ruminants*, les incisives et les canines sont encore bien développées, tandis que *chez la plupart des Ruminants actuels ces dents manquent à la mâchoire supérieure.*

De plus, les doigts latéraux disparaissent petit à petit, et l'on arrive finalement à des types qui n'ont plus, à chaque pied, que deux doigts, protégés chacun par un sabot; quant aux deux os du tarse qui se prolongeaient par ces doigts, et qui étaient, eux aussi, primitivement distincts, ils finissent par se souder en un os unique appelé *canon.*

Les formes de transition qui permettent de suivre ces transformations sont l'*Anthracothérium*, l'*Anoplothérium* et le *Xiphodon.*

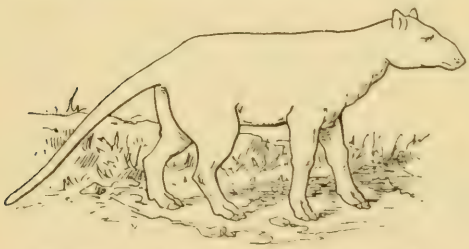


Fig. 92. — Anoplothérium restauré.

L'Anthracothérium[1] était un animal voisin du porc; il possédait encore 4 doigts à chaque pied, mais les deux latéraux, plus petits, ne touchaient pas le sol dans la marche. D'autre part, le développement énorme des canines indique encore un régime carnivore très accentué, bien que les

1. Du grec : *anthrakos*, charbon, et *therion*, animal sauvage.

molaires soient déjà nettement adaptées à un régime végétal.

L'Anoplothérium[1] (fig. 92) est déjà un ruminant véritable : il n'a plus que deux doigts développés, mais les os du métatarse ne sont pas encore soudés en un *canon*. Il a encore des incisives et des canines à la mâchoire supérieure, mais si peu développées, qu'on les devine en voie de disparition. Ces animaux, dont la taille variait depuis celle du Rat jusqu'à celle de l'Ane, devaient vivre dans les lagunes ou dans les marécages; on pense qu'ils pouvaient nager et que la longue queue dont ils étaient pourvus leur servait de gouvernail.

Fig. 93. — Xiphodon restauré.

Enfin, le Xiphodon[2] (fig. 93), *complètement privé d'incisives et de canines à la mâchoire supérieure*, et dont les pattes rappellent celles des bœufs et surtout celles des cerfs, serait un Ruminant parfait, si ses deux métatarsiens ne restaient pas distincts. Le Xiphodon avait la taille d'une gazelle et se nourrissait probablement des herbes aromatiques qui croissent sur les terrains secs.

Le tableau suivant fait saisir d'un coup d'œil la filiation des ruminants.

1° *Periptychus*, plantigrade à 5 doigts (Éocène inférieur).

2° *Anthracothérium* (Porc ruminant), 4 doigts inégaux; incisives et canines (Éocène inférieur).

3° *Anoplothérium*, 2 doigts médians très développés, canines et incisives supérieures peu développées (Éocène).

4° *Xiphodon*, métatarsiens non soudés, plus d'incisives, ni de canines supérieures (Eocène supérieur).

5° *Ruminants actuels*. Métatarsiens soudés en un canon.

Ongulés à doigts impairs (***Imparidigités***). — Considérons maintenant les ongulés à doigts impairs; ces animaux,

1. Du grec : *a* (privatif), *oplon*, arme, et *therion*, animal sauvage : animal sans armes, à cause de la petitesse de ses canines.

2. Du grec : *xiphos*, glaive, et *odous*, dent, à cause de ses molaires tranchantes.

comme nous le savons, comprennent, dans la faune actuelle, trois groupes principaux :

1° Les *Éléphants* ou *Proboscidiens*, dont les membres sont terminés par 5 doigts.

2° Les *Rhinocéros* (*Rhinocéridés*), dont les membres sont terminés par 3 doigts.

3° Les *Chevaux* ou *Jumentés* [1], dont les membres sont terminés par un seul doigt.

Nous allons examiner successivement ces trois groupes.

A l'origine des ongulés à doigts impairs, nous trouvons le *Phenacodus*, dont les membres sont terminés par cinq doigts inégalement développés, les trois doigts médians reposant seuls sur le sol, pendant la marche.

1° *Évolution des Proboscidiens.* — On ne connaît pas les formes ancestrales qui relient les proboscidiens au Phénacodus, car les trois genres qui vivaient à l'époque tertiaire

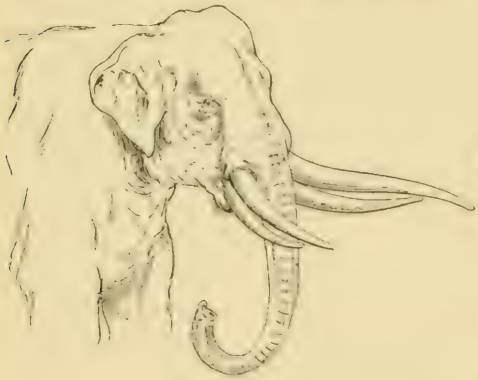


Fig. 94. — Mastodonte restauré.

Fig. 95. — Molaire de Mastodonte.

présentaient déjà des caractères nettement définis. Ces trois genres sont, dans l'ordre même de leur apparition :

Les *Mastodontes*, dont les derniers représentants disparurent à la fin de l'époque tertiaire.

Les *Dinotheriums*, de la même époque, mais qui disparaissent beaucoup plus tôt.

Enfin les *Éléphants*, apparus les derniers, vers la fin des temps tertiaires, mais dont les descendants vivent encore.

1. On les nomme encore quelquefois *Solipèdes*. Mais ce mot, mal fait (il signifie *animaux à un seul pied*), doit être rejeté.

Mastodontes. — Les mastodontes présentent deux caractères importants qui servent à les distinguer des éléphants actuels : d'abord, ils possédaient quatre défenses (fig. 94), *deux à la mâchoire supérieure et deux à la mâchoire inférieure;* ensuite, leurs molaires étaient armées de gros mamelons coniques recouverts d'émail (d'où le nom de *Mastodonte* [1]; fig. 95). Il est bon d'ajouter qu'on a observé des espèces chez lesquelles les défenses inférieures n'existaient pas; il y a ainsi de nombreuses formes qui permettent de passer insensiblement des mastodontes aux véritables éléphants.

Fig. 96. — Tête de Dinothérium.

Dinotheriums. — Les dinothériums [2] (fig. 96) étaient des animaux de très grande taille, qui pouvaient atteindre jusqu'à 6 mètres de hauteur; à elle seule, la tête avait 2 mètres de long; ce sont probablement les plus grands mammifères terrestres qui aient jamais existé.

Ils ne possédaient que deux grandes défenses recourbées vers le bas, et *fixées à la mâchoire inférieure.* On pense que ces énormes bêtes vivaient sur le bord des marécages, et que leurs défenses leur servaient à déterrer les racines dont ils faisaient leur nourriture.

Fig. 97. — Dent d'Éléphant présentant des bandes saillantes d'émail.

Éléphants. — Les éléphants véritables datent seulement de l'époque pliocène et dérivent incontestablement des mastodontes; ils ne possèdent plus que deux défenses, *fixées à la mâchoire supérieure*, et leurs dents molaires, au lieu de présenter des mamelons coniques comme celle des masto-

1. Du grec : *mastos*, mamelon, et *odous*, *odontos*, dent. (Voir la fig. 94.)
2. Du grec : *deinos*, redoutable, et *thérion*, animal.

dontes, portent des crêtes transversales; par l'usure, ces crêtes donnent, suivant les espèces, des rectangles ou des losanges bordés d'émail (fig. 97).

Le type le plus remarquable est l'Éléphant méridional (*Elephas meridionalis*, fig. 98), que l'on peut considérer comme l'ancêtre direct de l'Éléphant d'Afrique. Quant à l'Éléphant d'Asie, son ancêtre le plus certain paraît être l'*Elephas anti-*

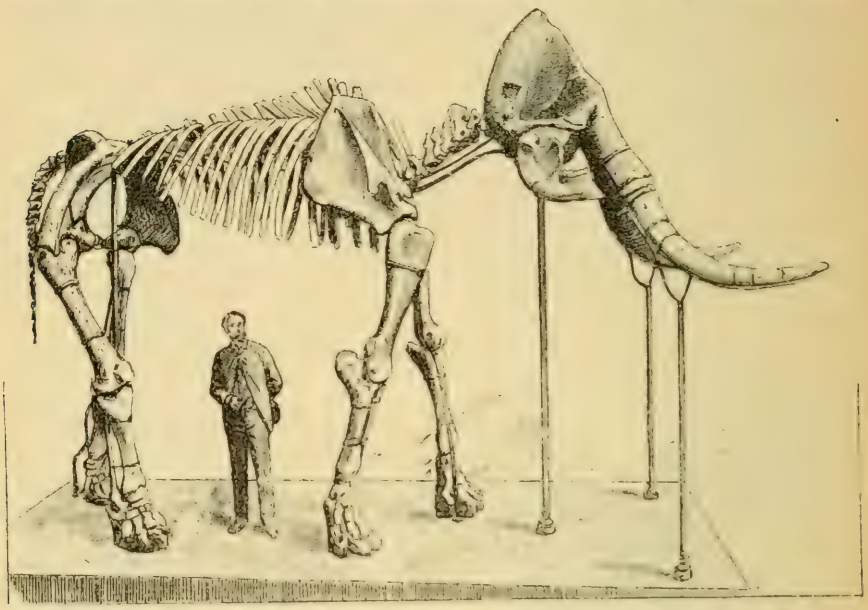


Fig. 98. — Éléphant méridional, squelette découvert dans le Pliocène du Gard.

quus; le Mammouth (*Elephas primigenius* [1]), qui vivait aussi à l'époque quaternaire, appartient à la même lignée.

2° *Évolution des Rhinocéridés.* — Le groupe des rhinocéridés est intermédiaire entre les proboscidiens et les jumentés; il présente, en effet, des membres portant trois doigts sensiblement égaux, et paraît descendre de formes voisines des tapirs. D'ailleurs, ceux-ci se rattachent eux-mêmes à la souche primitive des ongulés par les *Lophiodons*.

Les premiers rhinocéros se montrent dès le milieu de l'époque tertiaire; les uns possédaient déjà une ou deux cornes sur le nez, les autres en étaient dépourvus.

1. On l'appelle ainsi parce qu'il est le premier éléphant fossile que l'on ait découvert.

3° *Évolution des Jumentés. Histoire du Cheval.* — Le caractère essentiel des animaux de ce groupe est que tous les membres se terminent par un seul doigt[1].

Le type des jumentés est le Cheval.

Or, on a trouvé, dans les assises tertiaires d'Amérique, ainsi d'ailleurs qu'en Europe, une série très nombreuse de formes qui permettent de reconstituer toute la généalogie des chevaux, depuis les espèces qui possédaient cinq doigts à chaque membre, jusqu'aux espèces actuelles où, par suite d'une adaptation de plus en plus parfaite à la course[2], le doigt médian seul a persisté.

Parmi les formes les plus anciennes, on peut ici citer les *Phenacodus* et les *Coryphodons*, qui possédaient cinq doigts à tous les membres; cependant, le doigt du milieu était déjà plus grand que tous les autres.

Voici, à partir de ces types importants, les principales formes de passage découvertes, tant en Europe qu'en Amérique, avec leur concordance :

Phenacodus et Coryphodon.

Série européenne.	*Série américaine.*
1. Hyracothérium	Hyracothérium.
2. »	Eohippus
3. »	Orohippus.
4. Palæothérium	
5. »	Mésohippus,
6. Anchithérium	Miohippus.
7. Hipparion	
8. »	Protohippus.
9. Equus	Equus.

Comme on le voit, la série américaine, est, jusqu'à présent, plus complète que la série d'Europe.

Suivons le développement de cette dernière.

Série européenne. — L'*Hyracothérium* d'Europe possédait *quatre* doigts aux membres antérieurs et *trois* seulement aux membres postérieurs. C'étaient des animaux de grandeur variable : les uns n'étaient pas plus grands que nos renards, les autres atteignaient la taille des moutons.

1. C'est pour cela qu'on les appelait, improprement, des *Solipèdes*.
2. Voir ce qui a été dit, p. 106.

Le *Palæothérium* (fig. 99), qui est postérieur à l'hyracothérium, date cependant de la première partie des temps tertiaires : il a été trouvé dans le gypse de Montmartre (Éocène supérieur). Il possédait des os nasaux très développés, mais, contrairement à ce que pensait Cuvier, il n'avait probablement pas de trompe ; ses pattes, antérieures et postérieures, ne reposaient plus sur le sol que par *trois* doigts, celui du milieu étant le plus développé. La taille du Palæothérium[1] était celle d'un cheval ordinaire, et son allure devait être identique à celle du Lama.

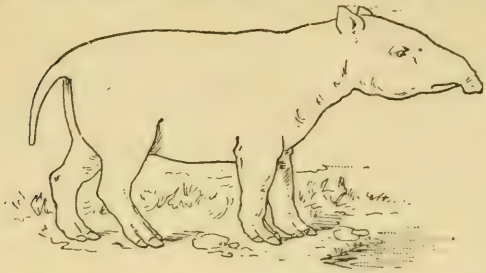


Fig. 99. — Palæothérium magnum restauré.

Les pieds de l'*Anchithérium*[2] possèdent également trois doigts, mais les doigts latéraux sont encore plus réduits que chez le Palæothérium (A, fig. 100), cependant ils touchaient encore le sol pendant la marche.

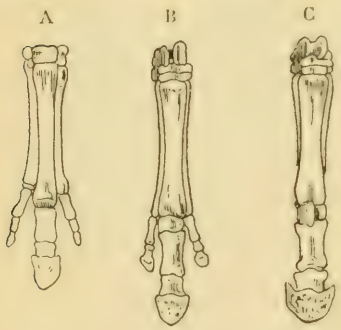


Fig. 100. — Pieds de la série des Jumentés. — A, Anchithérium. — B, Hipparion. — C, Cheval.

Chez l'*Hipparion*[3] il y a encore trois doigts à chaque pied (B, fig. 100), mais les doigts latéraux sont beaucoup plus petits et ne touchaient plus le sol pendant la marche. Cependant, ils faisaient encore saillie en dehors de la peau (fig. 101) et étaient terminés par de petits sabots bien conformés.

L'Hipparion ressemblait donc fort au Cheval actuel ; mais il est bon de noter que les replis d'émail de ses dents sont plus compliqués.

Malgré cette similitude de formes, un certain nombre de naturalistes pensent que l'Hipparion n'est pas un ancêtre direct du Cheval, mais qu'il représente le dernier terme d'une

1. Du grec : *palaïos*, ancien, et *therion*, animal.
2. Du grec : *anchi*, ancien, et *therion*, animal.
3. Du grec : *hipparion*, petit cheval.

série ayant d'abord suivi un développement parallèle à celui du Cheval, puis ayant ensuite cessé d'évoluer, ce qui a, sans doute, entraîné sa disparition.

L'Hipparion vivait en Europe dans la seconde moitié des temps tertiaires (Miocène supérieur).

Enfin, tout à fait à la fin de l'époque tertiaire, apparaissent les chevaux véritables, c'est-à-dire des ongulés *dont les membres ne possèdent plus qu'un seul doigt*, celui du milieu. Les deux doigts latéraux, qu'on voyait encore chez les hipparions (ou mieux, chez les animaux équivalents à l'Hipparion, mais qui faisaient partie de la lignée directe du Cheval), ont disparu et ne sont plus représentés que par deux petits stylets soudés par leur partie supérieure au seul os métatarsien qui persiste (C, fig. 100).

Fig. 101. — Une jambe d'Hipparion, vue de profil.

Série américaine. — Comme nous l'avons déjà dit, la série des chevaux fossiles est beaucoup plus complète en Amérique qu'en Europe. Cependant, chose très remarquable, pendant que les chevaux continuaient à se développer en Europe, les formes américaines s'éteignaient dans le cours des temps quaternaires sans laisser de descendants. De telle sorte qu'au moment de la découverte de l'Amérique, les chevaux n'existaient plus dans le Nouveau-Monde, leur patrie d'origine; ceux qui y vivent actuellement à l'état sauvage, y ont été introduits par les Espagnols de Pizarre et de Fernand Cortès.

Il ne faudrait pas, de ce qui précède, conclure que les chevaux se sont développés suivant deux séries distinctes et complètement indépendantes. Il existait, en effet, au moins pendant la première partie des temps tertiaires, une communication facile entre l'Europe et l'Amérique, par un grand continent qui occupait la place de l'Atlantique nord (voir la carte n° 9, p. 32); c'est par cette voie que certains équidés primitifs d'Amérique ont, dès l'origine, émigré en Europe où ils ont continué leur évolution pendant que leurs congénères, restés en Amérique, achevaient la leur et disparaissaient, après l'isolement du continent américain, à la fin des temps tertiaires. C'est donc probablement en Amérique

qu'il faut chercher la souche primitive de tous les Équidés.

Mammifères onguiculés. — Les formes les plus importantes de ce groupe sont données par les carnivores qui apparaissent dès le début de l'époque tertiaire (Éocène): mais, comme ces premières formes fossiles sont encore assez différentes des carnassiers actuels, on les désigne sous le nom de *Créodontes*[1]. Tous ces carnassiers sont plantigrades et possèdent *cinq* doigts à chaque membre: cependant certains d'entre eux indiquent une tendance très marquée à devenir de véritables carnivores.

Parmi les formes extrêmement nombreuses qui ont été décrites, nous citerons seulement le genre *Machairodus*[2] (fig. 102), remarquable par ses puissantes canines qui sont comprimées et tranchantes comme des poignards: c'est incontestablement là un des ancêtres des tigres actuels.

Fig. 102. — Crâne et mâchoire de Machairodus, carnassier trouvé dans le Pliocène du Puy de Dôme (1/6 de grand nat.).

Dès la fin de l'ère tertiaire, les diverses familles de carnivores étaient déjà spécialisées : on trouve des chiens, des renards et des ours véritables, présentant très nettement les caractères distinctifs de leurs familles respectives.

Les rongeurs, les insectivores et même les singes apparaissent vers la même époque: par conséquent tout indique qu'on se rapproche de plus en plus des conditions actuelles.

RÉSUMÉ DE LA FAUNE DES TEMPS TERTIAIRES

Les *Protozoaires*, les *Echinodermes*, les *Mollusques*, les *Insectes*, présentent des formes de plus en plus semblables aux formes actuelles. Citons cependant, parmi les protozoaires, les *Nummulites* et les *Miliolites*, caractéristiques de certaines assises et,

1. Du grec : *kreas*, chair, et *odous*, *odontos*, dent : dents faites pour manger de la chair.

2. Du grec : *makhaira*, épée courte, et *odous*, dent, à cause de la forme des canines.

parmi les Mollusques gastéropodes, les *Cérithes*, extrêmement abondantes.

Les ***Poissons*** sont presque tous des poissons osseux. On trouve cependant encore de nombreuses dents de requins.

Les ***Batraciens*** et les ***Reptiles*** sont en décroissance.

Les ***Oiseaux*** ressemblent beaucoup aux oiseaux actuels.

Mais ce qui caractérise surtout la faune des temps tertiaires, c'est le grand développement des Mammifères.

Les ***Marsupiaux*** disparaissent de bonne heure en Europe.

Les ***Ongulés paridigités*** ont pour ancêtre le *Periptychus*, qui avait cinq doigts à chaque pied, et qui, par réduction du nombre des doigts, donne naissance : 1° à un rameau se terminant par les *Porcins;* 2° à un autre rameau aboutissant aux *Ruminants*.

Les ***Ongulés imparidigités*** semblent tous avoir pour ancêtre le *Phenacodus*, qui donne naissance d'une part au *Rhinocéros*, d'autre part à la longue lignée qui devait aboutir au cheval (Hyracothérium, Palæothérium, Anchithérium, Hipparion et Cheval).

Les ***Proboscidiens*** ont une origine obscure, mais ils sont déjà très nettement caractérisés dès leur apparition. Le premier de tous, le *Mastodonte*, a quatre défenses, le *Dinothérium* n'a plus que deux défenses inférieures; enfin apparaissent les éléphants proprement dits qui ne possèdent que deux défenses supérieures.

Enfin les ***Onguiculés***, et notamment les carnivores, sont déjà très différenciés. On trouve des sortes de tigres (*Machairodus*), des chiens, des renards, des ours, etc.

Tout indique donc qu'on se rapproche des temps actuels.

CHAPITRE V

LES TEMPS QUATERNAIRES

Généralités. — L'époque quaternaire, que l'on désigne encore sous le nom d'époque *pléistocène*[1], comprend la période de temps qui s'est écoulée depuis la fin des temps tertiaires jusqu'à l'époque actuelle.

En réalité, les temps quaternaires ne sont que la continuation de la période précédente. Ils peuvent être définis par deux caractères essentiels :

1° Faible variation de la faune et de la flore, car, si l'on

1. Du grec *pleiston*, le plus, *kainos*, récent.

excepte quelques espèces qui se sont éteintes et d'autres qui ont émigré d'une contrée dans l'autre, la faune et la flore d'une région se sont maintenues très semblables à elles-mêmes, depuis l'origine de la période jusqu'à nos jours.

2° Apparition *certaine* de l'Homme sur la Terre [1].

FAUNE DES TEMPS QUATERNAIRES

Mammifères. — Nous ne nous occuperons guère que des mammifères, parce qu'ils vont nous permettre de voir l'influence que peuvent avoir les conditions climatériques sur la répartition des espèces animales.

Nous avons à considérer, parmi les mammifères quaternaires : 1° les *espèces éteintes;* 2° les *espèces persistantes*, et, en ce qui concerne ces dernières, il sera nécessaire de noter les changements que les variations du climat ont apportés à leur distribution géographique.

Espèces éteintes. — Parmi les principales espèces qui dis-

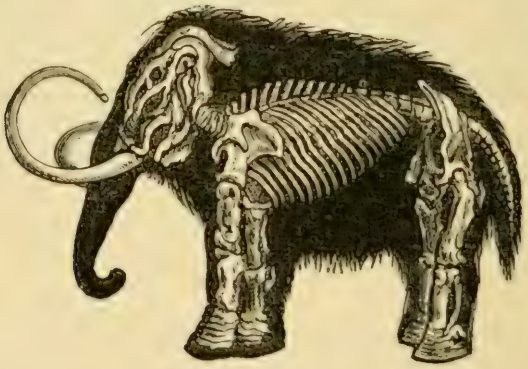


Fig. 103. — Mammouth (*Elephas primigenius*). (Hauteur 5 mètres).

paraissent pendant les temps quaternaires, nous pouvons citer : l'*Elephas antiquus*, le *Mammouth* ou *Elephas primigenius*, dont on a retrouvé des squelettes encore recouverts de leur chair et de leur peau (fig. 103) dans les glaces de la Sibérie

1. Un certain nombre de faits portent aujourd'hui à penser que l'apparition de l'Homme sur la Terre remonte à la dernière partie des temps tertiaires. Il est, en tout cas, certain que l'antiquité de l'Homme est bien plus grande qu'on ne l'a longtemps supposé.

septentrionale, le *Rhinocéros à narines cloisonnées*, le *Machairodus*, ce grand carnivore dont nous avons déjà parlé (p. 114), l'*Hyène* et l'*Ours des cavernes*, le *Cerf à grandes cornes* (fig. 104), etc.

Fig. 104. — Tête et bois du Cerf a grandes cornes.

Espèces persistantes. — Mais, si plusieurs espèces ont disparu, beaucoup d'autres ont pu se plier, s'adapter aux très variables conditions d'existence qu'elles ont été obligées de subir.

Au début, lors de la grande extension des glaciers[1], l'Hippopotame, le Rhinocéros commun et l'Éléphant antique se retirèrent vers les régions méridionales et chaudes où leurs descendants directs ont continué à vivre. Le Renne, le Glouton, l'Élan restèrent, au contraire, en Europe et s'adaptèrent si bien au froid, que lorsque, plus tard, la température se releva, ils émigrèrent dans la direction du nord. Ils existent encore dans les régions septentrionales de la Scandinavie, en Laponie, en Finlande, etc. C'est aussi à cette époque, et pour la même raison, que l'Auroch, qui vivait en France et dans la Forêt Noire, s'est réfugié dans les forêts plus froides de l'Europe orientale (Lithuanie).

Toutes ces espèces ont donc émigré *horizontalement*, c'est-à-dire en se déplaçant, soit vers le sud, soit vers le nord.

D'autres, comme la Marmotte, le Chamois, l'Ours gris, émigrèrent en altitude ou, en d'autres termes, *verticalement*, c'est-à-dire qu'ils allèrent chercher dans les hautes régions

1. Voir p. 43 ; extension des glaciers.

des montagnes, la température basse à laquelle ils s'étaient adaptés pendant la période glaciaire.

Enfin, à ces espèces émigrées, soit vers le sud, soit vers le nord, soit en altitude, il convient d'ajouter celles qui ont continué à vivre dans nos régions en dépit des variations du climat; ce sont, par exemple, le Chien, le Loup, le Sanglier, le Cheval, l'Ane, etc.

Mammifères de la faune américaine. — L'Amérique s'étant séparée de l'Europe à la fin de l'époque tertiaire, il est naturel que sa faune ait pris un caractère particulier, différent

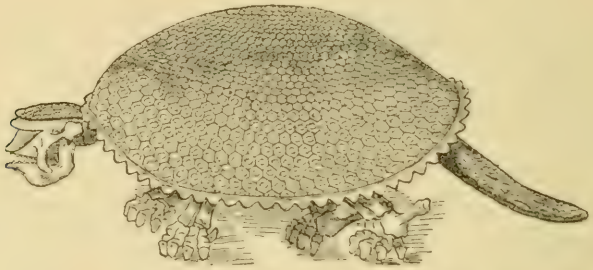


Fig. 105. — Glyptodon, édenté quaternaire d'Amérique. Sa carapace est faite de poils soudés ensemble en forme d'écailles (longueur 2 m. 50).

de celui de la faune européenne avec laquelle elle n'avait plus aucun point de contact. Aussi trouve-t-on, dans l'Amérique du Nord, des mastodontes du Tertiaire européen, continuant à vivre côte à côte avec des mammouths.

Dans l'Amérique du Sud, c'est surtout une faune d'édentés qui prédomine, tel le *Glyptodon* (fig. 105), sorte de tatou gigantesque dont la carapace pouvait atteindre 2 m. 50 de diamètre; tel aussi le *Megatherium Cuvieri*, au corps lourd et massif, aux pattes puissantes, armées de griffes recourbées.

Mammifères de la faune d'Australie. — Enfin disons que la faune des mammifères d'Australie continue à être composée de marsupiaux (voir p. 104).

Oiseaux. — C'est aussi en Australie, à l'époque quaternaire, que les oiseaux coureurs, analogues aux autruches, ont atteint leur maximum de développement.

A la même époque, à la Nouvelle-Zélande, vivaient des oiseaux de dimensions colossales, les *Dinornis*, qui pouvaient

atteindre 3 m. 50 de hauteur. Ces oiseaux étaient des coureurs, comme l'Autruche et le Casoar; leurs ailes étaient atrophiées, leurs pattes, très longues et très fortes, étaient terminées par trois doigts armés de fortes griffes.

On a retrouvé dans les dépôts quaternaires les plus récents, des œufs de dinornis, gros comme trois œufs d'autruche, et même des squelettes entiers dont les os étaient encore réunis par des ligaments. Si l'on en croit les légendes des Maoris[1] la disparition du Dinornis ne remonterait pas à une époque très éloignée.

Il existe encore à la Nouvelle-Zélande un oiseau possédant à peu près les mêmes caractères que les anciens Dinornis, mais qui est d'une taille beaucoup moins élevée, car il n'est guère plus gros qu'une poule : c'est l'*Aptéryx*. Le corps de l'Aptéryx est couvert de duvet et non de véritables plumes; ses ailes sont atrophiées. Enfin, un autre oiseau du même groupe, le *Notornis*, que l'on n'avait rencontré jusqu'ici qu'à l'état fossile et que l'on croyait également disparu, a été retrouvé vivant à la Nouvelle-Zélande, il y a quelques années.

A Madagascar vivaient aussi, pendant les temps quaternaires, de grands oiseaux analogues aux casoars : c'étaient les *Æpyornis*, qui n'avaient pas moins de 4 mètres de haut; leurs ailes étaient atrophiées comme celles des dinornis; leurs jambes, très longues et très fortes, leur permettaient certainement de courir avec rapidité. Leurs œufs, dont la capacité était de 8 litres environ, équivalaient à 150 œufs de poule.

APPARITION DE L'HOMME. CAVERNES, CITÉS LACUSTRES

Ancienneté de l'Homme. — La présence d'ossements humains, mélangés à ceux de plusieurs espèces d'animaux, dans les premiers dépôts, non remaniés, du Quaternaire, indique nettement que l'Homme existait déjà à cette époque, et qu'il a été, par conséquent, contemporain du Mammouth et de l'Ours des cavernes; mais une foule d'autres observations permettent aujourd'hui d'admettre que l'apparition de

1. Les Maoris sont les naturels de la Nouvelle-Zélande.

l'Homme sur la terre doit être reportée à une époque beaucoup plus ancienne, et que, selon toute vraisemblance, il existait déjà vers le milieu des temps tertiaires (Miocène). Si, en effet, on n'a pas encore, en Europe, rencontré d'ossements humains dans les dépôts de cet âge, on y a du moins découvert de nombreux produits de l'industrie humaine, c'est-à-dire des armes et des outils.

Homme tertiaire. — Les débris les plus anciens qui permettent d'affirmer l'existence de l'Homme à l'époque tertiaire, sont les silex taillés trouvés par M. l'abbé Bourgeois à Thenay (Loir-et-Cher), dans des couches appartenant incontestablement à l'Oligocène supérieur (calcaire de Beauce). Ces fragments de silex, taillés en forme de couteaux, de racloirs, présentent, sur les bords, des retouches très fines, destinées à aviver leur tranchant et qu'il est impossible de ne pas attribuer au travail d'un être intelligent qui ne saurait être que l'Homme.

D'autres outils ont été découverts au Puy Corny, près d'Aurillac, dans des dépôts miocènes. Des silex taillés ont été recueillis au Tilloux (Charente), dans des couches nettement pliocènes. Dans l'Amérique du Sud, on a été plus heureux qu'en Europe, car on y a trouvé, *dans les divers étages du Pliocène*, non seulement des outils et des armes, mais même un grand nombre d'ossements humains, mélangés avec des pierres taillées, des os brûlés, des fragments de terre cuite. Parmi les trouvailles les plus intéressantes figure un squelette entier, accompagné d'un instrument en corne de cerf, découvert sous une carapace de glyptodon.

Les précurseurs. — Mais, si l'existence de l'Homme tertiaire n'est pas absolument certaine, au moins en Europe, n'est-il pas possible de lui trouver des précurseurs ayant vécu à cette époque sur quelque point du Globe?

On sait que l'Homme est le terme supérieur de la série des *Primates*, dont les *Lémuriens* représentent le terme inférieur; c'est donc par les lémuriens que les primates se rattachent aux insectivores [1].

1. Les lémuriens (Makis, Loris de Madagascar), sont des animaux nocturnes, vivant sur les arbres, et qui sont si voisins des insectivores qu'il est souvent difficile de les en distinguer.

Or, on trouve des lémuriens très nettement caractérisés, c'est-à-dire possédant des mains, dans les dépôts européens datant de l'époque éocène. Ils semblent disparaître en Europe à partir de l'Oligocène, et comme il en existe encore actuellement en Afrique, à partir de la latitude du Sénégal, à Madagascar, dans les îles de la Sonde et dans l'Inde, peut-être la disparition, vers le milieu des temps tertiaires, des lémuriens d'Europe s'explique-t-elle par une évolution plus hâtive des formes européennes vers des types supérieurs, tandis que beaucoup de formes africaines ou asiatiques restaient à peu près stationnaires.

Cette transformation rapide des lémuriens européens expliquerait en effet pourquoi, à partir du Miocène, on commence à trouver en Europe, à Pikermi (Grèce), par exemple, de nombreux ossements ayant appartenu à de véritables singes. Le *Mesopithecus* est un de ces singes : les membres du Mésopithèque étaient courts et robustes, et lui servaient autant à marcher qu'à grimper. Il possédait une queue et ressemblait assez aux macaques actuels.

C'est encore dans le Miocène que l'on rencontre les grands Singes anthropomorphes [1], déjà dépourvus de queue, et dont l'organisation se rapproche de celle de l'Homme. Nous pouvons citer parmi eux le *Pliopithecus*, ancêtre probable des gibbons, le *Dryopithecus*, forme première des gorilles, et l'*Anthropopithecus*, qui est un véritable chimpanzé. Mais il y a une telle distance entre le plus perfectionné de ces singes et l'Homme le plus inférieur des temps quaternaires, qu'il était difficile d'admettre que ces singes européens fussent les précurseurs de l'Homme.

Or, en 1892, le docteur Eugène Dubois, professeur de géologie à l'Université d'Amsterdam, découvrit à Java, dans des tufs volcaniques qu'il attribue au Pliocène supérieur, quelques os ayant appartenu à un anthropoïde extrêmement intéressant. Ces ossements sont les suivants :

1° Un fémur gauche ;

2° Un fragment de menton ;

3° Quatre dents (deux molaires supérieures et une prémolaire inférieure) ;

1. Du grec : *anthropos*, homme, et *morphê*, forme : Singe à forme humaine.

4° La partie supérieure d'une calotte crânienne.

Par son front bas et fuyant, par la saillie de sa visière sus-orbitaire, la calotte crânienne fossile se rapproche beaucoup de la calotte crânienne des singes anthropoïdes, tertiaires ou actuels; mais la capacité du crâne de Java est sensiblement plus grande que la capacité crânienne des mêmes singes et se rapproche de celle de l'Homme [1].

De plus, la circonvolution de Broca (circonvolution du langage articulé), dont le crâne fossile porte l'empreinte, sans être, à beaucoup près, aussi développée que chez l'Homme, est deux fois plus volumineuse que chez les anthropoïdes : on doit en conclure que cet animal pouvait déjà exprimer quelques idées simples [2].

Si, d'autre part, nous considérons la forme du fémur et la situation des condyles occipitaux, nous voyons que ce singe se tenait *habituellement* debout. Ce qui ne l'empêchait pas, d'ailleurs, d'avoir, très probablement, le pied préhensile et de grimper facilement aux arbres.

En résumé, l'animal pliocène découvert à Java par le docteur Dubois présentait une foule de caractères intermédiaires entre les singes tertiaires et l'Homme. Aussi M. Eugène Dubois lui a-t-il donné le nom générique de *Pithecanthropus* [3], auquel il a adjoint le nom spécifique d'*erectus*, pour indiquer qu'il se tenait ordinairement debout sur ses membres postérieurs.

Par la forme de son crâne et la proéminence de ses arcades sourcilières, par ses pieds préhensiles, le Pithécanthrope de Java était encore un singe : par le volume de son cerveau, par la faculté du langage qu'il possédait à l'état rudimentaire, et par son attitude verticale, il était presque un Homme.

L'Homme quaternaire. — La découverte du Pithécanthrope nous montre que si certains singes anthropomorphes, des temps tertiaires, comme le Dryopithèque et les autres singes européens, restaient stationnaires ou même étaient en voie d'évolution régressive, d'autres, au contraire, progressaient

1. Le cerveau du Singe-Homme de Java devait peser 900 grammes, tandis que celui des Gorilles ne dépasse guère le poids de 300 grammes.

2. Puisque le Singe en question avait acquis la faculté du langage, c'est évidemment que, depuis longtemps déjà, il vivait en société.

3. Du grec : *pithecos*, singe, et *anthropos*, homme.

d'une façon continue et évoluaient vers une forme plus parfaite. Nous ne connaissons pas encore exactement le Singe perfectible qui fut l'ancêtre du Pithécanthrope ; mais il semble bien, d'après la découverte du docteur Dubois à Java, que ce soit en Asie qu'on doive le chercher C'est donc en Asie que se trouverait le berceau de l'Humanité, c'est de là que l'Homme aurait rayonné sur le monde, et il est possible qu'il ne soit arrivé sous nos climats qu'à l'époque quaternaire.

Si, en effet, quelques doutes peuvent subsister relativement à la présence de l'Homme en Europe, pendant l'ère tertiaire, il n'en est pas de même pour l'époque quaternaire, car on a

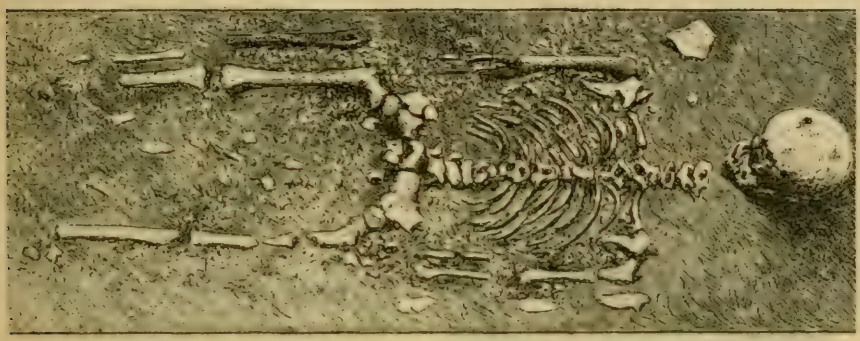


Fig. 106. — Squelette humain quaternaire de la sépulture des Hoteaux (Ain).

découvert, dans les dépôts de cette époque, de nombreux ossements humains et même des squelettes entiers (fig. 106) ; c'est surtout dans les grottes naturelles et dans les cavernes que l'on a trouvé les débris humains les plus nombreux.

Cavernes. — Les hommes primitifs ont, en effet, utilisé les excavations, les anfractuosités, les grottes naturelles et les cavernes pour s'y abriter contre les intempéries ou s'y réfugier en cas de danger ; aussi retrouve-t-on, en abondance, dans ces cavernes, leurs ossements, leurs armes, leurs outils, etc. La superposition de plusieurs couches de sédiments, au fond des grottes [1], a même quelquefois permis de reconnaître que plusieurs races s'étaient succédé sur un même point et avaient successivement occupé les mêmes refuges.

1. En effet, certaines cavernes, placées dans les vallées, ont été, à plusieurs reprises, envahies par les eaux d'inondation des fleuves, qui y ont laissé des alluvions plus ou moins épaisses se recouvrant les unes les autres.

Les races primitives. — Les caractères du squelette, et notamment la forme du crâne, révèlent l'existence de trois races principales parmi les Hommes préhistoriques d'Europe : 1° la race de Canstadt; 2° la race de Cro-Magnon; 3° la race de Furfooz.

Race de Canstadt. — Les restes humains les plus anciens que l'on connaisse ont été découverts en 1700, au village de Canstadt, près de Stuttgard; ils se rapportent, sans aucun doute, à une race très primitive, caractérisée par son front bas et fuyant, par ses arcades sourcilières très proéminentes et par son menton sans aucune courbure; si l'on ajoute à ces particularités l'allongement très marqué de la mâchoire supérieure, on aura un ensemble de caractères qu'on ne retrouve chez aucune race humaine actuelle. L'Homme de Canstadt était contemporain de l'*Elephas primigenius* (Mammouth) et du Rhinocéros à narines cloisonnées.

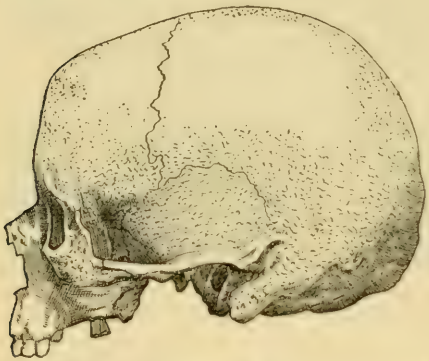


Fig. 107. — Le crâne dolichocéphale de Cro-Magnon.

Race de Cro-Magnon. — Les premiers débris de cette race ont été découverts, en 1858, par MM. Lartet et Christy, dans une sorte d'abri sous roche peu profond de la vallée de la Vézère (Dordogne), désigné sous le nom de Cro-Magnon. L'homme de cette race (fig. 107) possédait, comme celui de la précédente, un crâne allongé[1]; mais, cependant, le reste des caractères le rapprochait davantage des races actuelles. Quand les deux races ont été rencontrées dans la même grotte, les débris du type de Cro-Magnon sont toujours placés au-dessus de ceux du type de Canstadt, ce qui prouve qu'ils sont plus récents[2].

1. On dit que les hommes qui présentent cette forme de crânes sont *dolichocéphales*, du grec : *dolichos*, en long, et *képhalé*, tête; les hommes au crâne court se nomment *brachycéphales*, du grec : *brachus*, court, et *képhalé*, tête.

2. Les hommes qui paraissent aujourd'hui se rapprocher le plus de la race de Cro-Magnon sont les Guanches des Canaries et certains types du pays basque.

Race de Furfooz. — Une troisième race apparaît encore dans nos régions pendant les temps quaternaires, c'est la race dite de Furfooz, découverte tout d'abord en Belgique, et qui se distingue des deux précédentes par son crâne presque aussi large que long (*brachycéphale*) : elle vécut cependant en même temps que la race de Cro-Magnon et se fusionna avec elle plus ou moins intimement.

Les descendants de la race de Furfooz se sont maintenus en Belgique, dans la vallée de la Lesse, où ils existaient déjà à l'âge du renne.

TEMPS PRÉHISTORIQUES

Division des temps préhistoriques en âges. — Les seuls documents qui nous permettent de reconstituer l'histoire des temps primitifs, d'assister à l'éveil et au développement progressif de la pensée humaine, sont ceux qui nous sont fournis par les produits de l'industrie de l'Homme, outils, instruments, armes de chasse ou de guerre, objets sculptés ou gravés ; ces produits sont, heureusement, abondants.

Dans les couches inférieures des dépôts quaternaires, ce sont des instruments en pierre que l'on rencontre : d'abord ceux qui sont obtenus par simple éclat du silex (silex taillés ou éclatés) ; ensuite viennent ceux qui, après avoir été taillés, ont été polis ; au-dessus, en se rapprochant des dépôts de l'époque actuelle, on trouve des instruments en métal, en bronze d'abord, en fer ensuite.

En s'appuyant sur ces données, M. de Mortillet a établi une classification des temps quaternaires qu'il est utile de connaître ; il reconnaît quatre âges successifs dans l'histoire de l'humanité primitive. Ce sont :

1° L'âge de la pierre éclatée ou taillée ou *paléolithique ;*
2° L'âge de la pierre polie ou *néolithique ;*
3° L'âge du bronze ;
4° L'âge du fer.

Age de la pierre taillée. — Cette période est ainsi appelée parce que l'Homme se servait presque exclusivement d'instruments en pierre qu'il obtenait en choquant les uns contre les autres des silex auxquels il donnait une forme en rapport avec l'usage auquel il les destinait ; il en faisait ainsi des

haches, des couteaux, des pointes de flèches, etc.; l'examen des outils en silex montre que de grands perfectionnements se sont accomplis dans le cours de cette période, ce qui a permis de la subdiviser elle-même en quatre époques moins étendues, caractérisées chacune par la forme et la nature des outils en usage; on a ainsi :

1° L'époque acheuléenne ou chelléenne;
2° L'époque moustérienne;
3° L'époque solutréenne;
4° L'époque magdaléenne.

1° *Époque acheuléenne.* — L'époque acheuléenne ou chelléenne est ainsi nommée du village de Saint-Acheul (Somme) ou de celui de Chelles (Seine-et-Marne); les outils que l'on rencontre dans les graviers de Chelles ou de Saint-Acheul sont des silex grossièrement taillés, par éclats, sur leurs deux faces; ils ont une forme plus ou moins triangulaire et les premiers qui furent rencontrés par les ouvriers, reçurent le nom caractéristique de *langues de chats* [1] (fig. 108).

Fig. 108. — Silex taillé du type acheuléen.

On ne connaît pas l'Homme qui taillait les silex du type de Saint-Acheul, car on n'a pas encore trouvé d'ossements humains qu'on puisse avec certitude rapporter à cette époque. Il est probable qu'il devait vivre à l'air libre, errant sur les plateaux, le long des cours d'eau qui avaient à peine ébauché le creusement de leurs vallées; c'est, en effet, sur les plateaux qui bordent des vallées aujourd'hui profondes qu'on retrouve les traces de son passage.

2° *Époque moustérienne.* — Cette époque tire son nom du village du Moustier, dans la Dordogne.

Les silex de cette époque sont des haches, des couteaux, des racloirs, d'un travail déjà plus perfectionné; l'une des

1. Chose remarquable, les habitants de l'ouest et du nord de l'Australie se servent encore d'instruments en pierre du type acheuléen, mais le plus souvent ils emmanchent ces haches qui deviennent alors des armes terribles; on ne sait pas si l'Homme de Saint-Acheul emmanchait aussi ses instruments, il est probable qu'il s'en servait plutôt comme on se sert d'un *coup-de-poing*.

faces seule est taillée, l'autre, généralement plane, représente le plan d'éclatement; les échantillons sont toujours plus petits, plus légers et plus pénétrants que ceux du type acheuléen.

L'Homme de cette époque appartenait à la race de Canstadt: il vivait dans les cavernes et se confectionnait des vêtements avec la peau des animaux, ce qui indique un climat froid et humide.

3° *Époque solutréenne.* — Cette époque est ainsi nommée du village de Solutré, près de Mâcon (Saône-et-Loire). La station de Solutré est située au pied d'une falaise escarpée; c'était une sorte d'*abri sous roche* plutôt qu'une caverne véritable: on y a retrouvé les débris de plus de 100 000 chevaux. Ces chevaux représentent un gibier et non des animaux domestiques; il est probable que les chevaux sauvages qui erraient dans la campagne étaient, à un moment donné, poursuivis dans la plaine par des rabatteurs qui les forçaient à se précipiter du haut de la falaise; ceux qui n'étaient pas tués sur le coup avaient les membres brisés; on les dépeçait sur place et l'on se nourrissait de leur chair. L'Homme taillait alors des silex avec une merveilleuse habileté. A ne considérer que leur forme générale, les silex sont taillés sur le type de ceux de Saint-Acheul, c'est-à-dire sur les deux faces, mais ils sont déjà très bien adaptés à leur destination. Le silex taillé caractéristique de l'époque solutréenne est la pointe de flèche [1].

4° *Époque magdaléenne.* — Cette quatrième époque tire son nom de la grotte de la Madeleine, dans la vallée de la Vézère (Dordogne); c'est près de cette grotte, dans un abri sous roche, que fut découverte, en 1858, la race de Cro-Magnon.

L'industrie a déjà subi de grandes modifications, et les hommes, devenus pourtant si habiles à travailler la pierre, commencent à dédaigner le silex; ils le remplacent par l'os ou le bois du renne qui fournissent des outils plus élégants et plus fins. C'est ainsi qu'ils fabriquent des aiguilles en

1. Il est intéressant de noter que les naturels de la Terre de Feu (Fuégiens amenés en 1881 au Jardin d'Acclimatation de Paris, taillaient des morceaux de verre qu'ils façonnaient en outils du type de Solutré; les Esquimaux taillent encore des silex de la même façon et par les mêmes procédés.

os d'une très grande perfection, des pointes simples ou barbelées (fig. 109), et enfin, ces objets bizarres, désignés sous le nom de *bâtons de commandement*, à peu près semblables à ceux qu'emploient encore de nos jours les Indiens des bords du fleuve Mackenzie.

Fig. 109. — Harpon taillé dans un bois de renne (époque magdaléenne).

L'Homme habitait encore des grottes; il était donc *troglodyte*.

Ayant découvert le feu [1], il s'était fixé près de son foyer qu'il savait entretenir, mais que, ne sachant pas rallumer, il devait surveiller de près; de nomade, il était donc devenu sédentaire. Malgré cela, il entreprenait des voyages, car on retrouve, dans certaines grottes de France, occupées par les hommes de cette époque, des coquilles provenant de l'île de Wight; nous en devons conclure que l'Homme avait inventé la navigation, puisque, à ce moment, il n'y avait déjà plus de communication terrestre entre la France et l'Angleterre.

L'Homme s'essayait aussi à reproduire par la gravure ou par la sculpture les animaux qui vivaient autour de lui; c'est ainsi qu'on trouve représentés sur des plaques de pierre ou sur des fragments d'os, le Mammouth, l'Ours des cavernes (fig. 110), le Renne, le Cheval, etc.; enfin, on a également découvert des statuettes en os et en ivoire qui dénotent un esprit d'observation et un sens artistique déjà très développés.

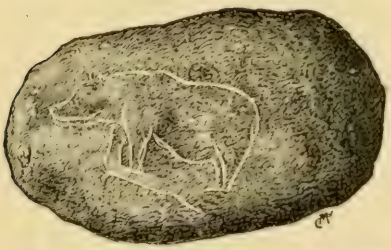


Fig. 110. — Silhouette de l'Ours des cavernes, gravée sur un galet par un homme de l'époque magdaléenne (grotte de Massat, Ariège).

L'Homme n'avait pas encore d'animaux domestiques.

Age de la pierre polie. — Cet âge marque encore un progrès notable dans la marche de l'humanité; au point de vue artistique, l'Homme est déjà

1. Probablement en s'emparant d'un tison, dans un incendie de forêt allumé par la foudre.

plus raffiné et il confectionne ses armes avec une perfection plus grande : le silex *poli* apparaît pour la première fois, mais l'Homme n'abandonne pas pour cela complètement les armes taillées, dont le tranchant était plus vif.

L'Homme s'est définitivement fixé : il a parqué près de lui quelques herbivores, afin d'avoir toujours à portée de sa main une nourriture assurée ; ces animaux se sont rapidement apprivoisés et domestiqués : il continue toutefois à chasser les animaux sauvages et il fabrique des filets pour capturer le poisson. Enfin, la présence de graines de céréales et de fruits indique qu'il était déjà devenu agriculteur ; on a même retrouvé les pierres qui lui servaient à broyer le grain et qui ressemblent singulièrement à celles qu'emploient au même usage les nègres des bords du Zambèze.

Cités lacustres. — Bien que l'Homme ait continué à utiliser les cavernes et les abris naturels, c'est aussi de cette époque que datent les curieuses habitations lacustres construites sur pilotis, au milieu de l'eau, et dont on retrouve les vestiges dans les lacs de la Suisse et de l'Italie.

Fig. 111. — Habitations lacustres (d'après les découvertes et fouilles de 1854) sur le lac de Zurich, près du village de Meilen.

Pour établir ces habitations, de gros pieux, longs de 5 à 6 mètres, étaient enfoncés dans la vase à une distance du rivage qui allait de 40 à 90 mètres généralement ; ces pieux soutenaient au-dessus de l'eau une plate-forme faite de troncs d'arbres reliés entre eux, et c'est sur cette plate-forme que s'élevaient les huttes, couvertes d'herbes sèches et de branchages réunis par de l'argile. On n'observe jamais de trous ni de traces de ligatures dans les pilotis ou dans la charpente de ces curieuses constructions ; on ignore, par conséquent, comment les pièces de bois étaient reliées entre elles ; on sait seulement que les pilotis étaient consolidés, à leur base, par de grosses pierres que l'on retrouve encore au fond des lacs.

La communication avec la terre était établie par une sorte de pont mobile qu'on retirait le soir pour se mettre à l'abri des fauves et des attaques nocturnes (fig. 111).

Ces constructions, qu'on désigne sous le nom de *palaffites* ou de *cités lacustres*, occupaient parfois des étendues considérables, et la réunion d'un grand nombre de huttes formait de véritables villages; à Wangen, notamment, dans le lac de Constance, on a compté plus de 40 000 pieux.

Les naturels des îles Carolines, des Célèbes et de la Nouvelle-Guinée, construisent encore des habitations de ce genre; ils en sont donc, au point de vue de l'évolution, à l'âge de la pierre polie.

Monuments mégalithiques. — C'est aussi à l'âge de la pierre polie que paraissent devoir être rapportées les curieuses

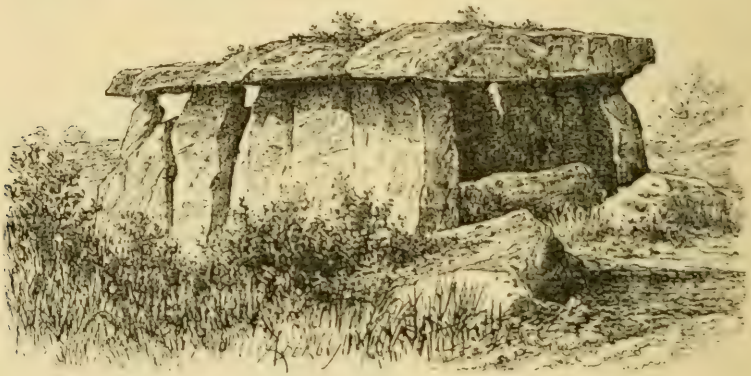


Fig. 112. — Un Dolmen.

constructions de pierre qu'on nomme monuments mégalithiques[1]. Suivant leur forme, ces monuments portent différents noms empruntés à l'ancienne langue celtique : ce sont les *dolmens*, les *menhirs* et les *cromlec'hs*.

Dolmens. — Les dolmens[2] (fig. 112) sont formés d'une grande pierre plate, en forme de table, supportée par d'autres pierres dressées. Ces monuments sont nombreux en Bretagne : ils ont fourni des ossements humains et des armes de pierre. Il y a donc lieu de les considérer comme des sépultures.

1. Du grec : *méga*, grand, et *lithos*, pierre.
2. Du celte : *dôl*, table, et *men*, pierre.

Menhirs. — Les menhirs[1] (fig. 113) sont formés par de grandes pierres plantées en terre; on suppose qu'ils étaient destinés à perpétuer le souvenir de quelque fait important. L'un des plus beaux était la *Pierre des Fées* ou grande pierre de Locmariaquer (Morbihan), qui mesurait 21 mètres de haut; ce superbe menhir a été frappé de la foudre au XVIIe siècle; il est aujourd'hui renversé sur le sol et brisé en trois morceaux : son poids n'est pas inférieur à 250 000 kilogrammes.

Fig. 113. — Menhir de Locmariaquer, tel qu'il était avant sa destruction par la foudre.

Cromlec'hs. — Les cromlec'hs[2] ne sont autre chose que des alignements de menhirs; tantôt ils sont disposés en cercle, tantôt en lignes parallèles; les plus curieux cromlec'hs sont les fameux alignements de Carnac (près de Quiberon), en Bretagne, longs de 1 500 mètres et qui comprennent 11 000 pierres dressées[3] (fig. 114).

Age du bronze. — L'âge du bronze fait suite à l'âge de la pierre polie, mais il ne faudrait pas croire que le passage de l'un à l'autre se soit fait brusquement; très souvent, au contraire, les deux époques se confondent, sans qu'il soit possible d'établir une ligne de démarcation nette. On trouve, en effet, fréquemment, sous les dolmens et dans les cités lacustres, des objets en bronze mélangés avec des haches en silex polis; l'âge du bronze a même probablement été lui-même précédé d'un temps assez long pendant lequel les hommes ont tout d'abord employé le cuivre qui se trouve fréquemment, à l'état natif, dans le sol. On a retrouvé aux Indes, à Gungaria, 424 haches en cuivre pur.

Quoi qu'il en soit, l'usage du bronze marque une étape

1. Du celte : *men*, pierre, et *hir*, long.
2. Du celte : *kroumm*, courbé, et *lec'h*, pierre.
3. Certains auteurs pensent que les menhirs et les cromlec'hs sont des monuments religieux, sorte de pierres votives dressées en l'honneur du feu ou du soleil. Le culte du feu paraît, en effet, avoir été l'une des premières religions.

importante dans la marche de l'humanité. Avec le bronze, l'Homme arrive à fabriquer des instruments extrêmement variés, servant à une foule d'usages; mais, presque toujours, ce sont les armes et les objets de parure qui dominent: il faut

Fig. 114. — Cromlec'hs de Carnac (près de Quiberon).

cependant remarquer que la forme que l'Homme leur donne rappelle encore la forme de ses outils en pierre.

Age du fer. — L'âge du fer succède encore, par transitions insensibles, à l'âge du bronze, car, dans les plus anciens monuments rapportés à cet âge, dans les fameuses tombes de Hallstadt, près de Salzbourg, en Autriche, on trouve un mélange des deux métaux.

C'est à partir de ce moment que commencent les temps historiques, car c'est à partir de cette époque que les faits intéressant l'humanité commencent à se transmettre par la tradition orale et, peut-être, à se conserver par l'écriture: c'est ainsi qu'Homère, dix siècles avant notre ère, parle des armes d'airain et de fer, l'épée d'airain (bronze) étant réservée aux héros.

Il est impossible de donner une date précise relativement à l'époque où le fer a commencé à être employé, car les tombes de

Hallstadt, bien qu'appartenant incontestablement à l'âge du fer, ne sont mentionnées dans aucune tradition ; on n'y trouve ni monnaies, ni peintures, mais seulement des armes, des vases, des colliers et des bracelets élégants.

L'ensemble des faits qui précèdent montre comment les découvertes scientifiques relient pour ainsi dire d'une façon continue les âges géologiques à la préhistoire et celle-ci aux âges historiques.

Ainsi envisagée, l'histoire de la Terre devient donc une saisissante introduction à l'histoire de l'Humanité.

Résumé et Conclusions.

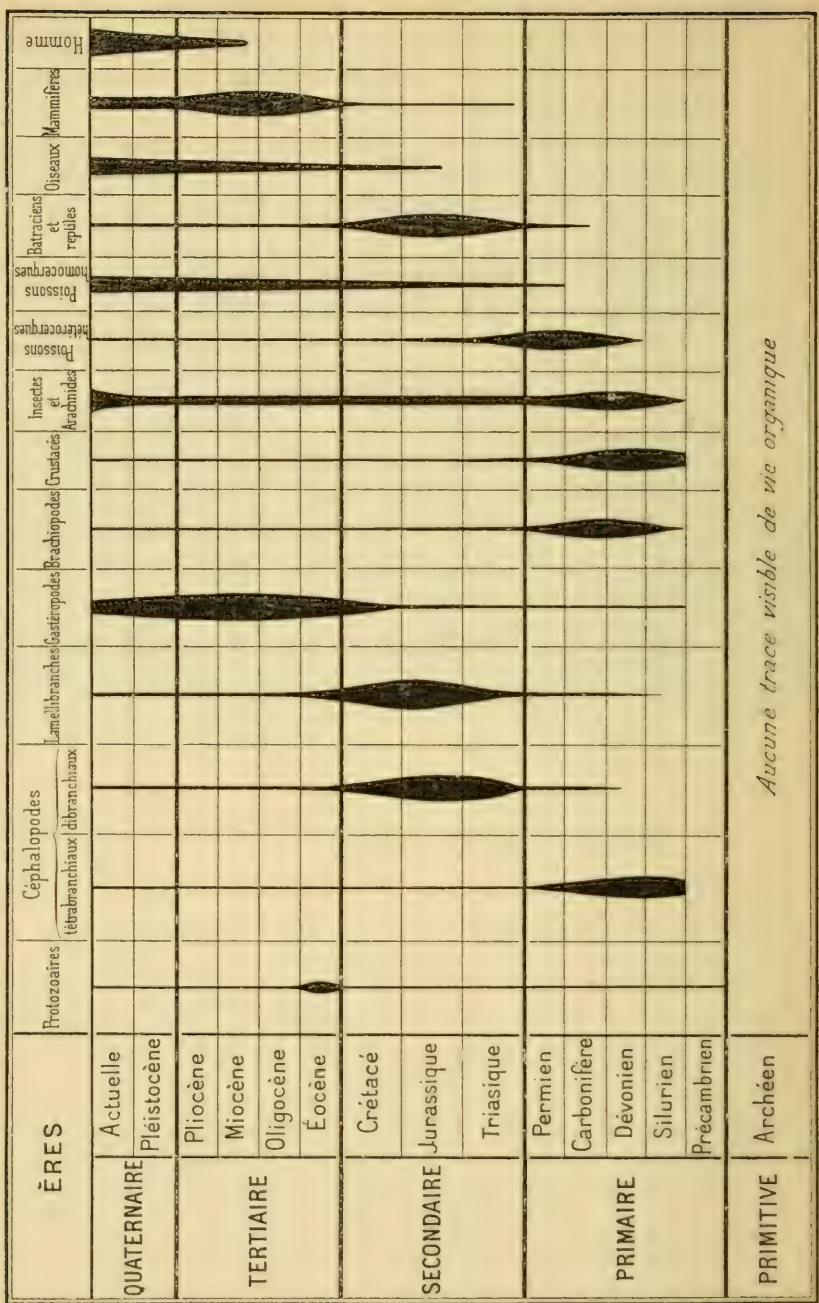
Le tableau graphique suivant résume très clairement tout ce que nous avons dit relativement à la répartition des grands groupes animaux aux diverses époques géologiques.

Le point où la ligne noire commence indique l'époque à laquelle ont apparu les premiers représentants du groupe auquel la ligne noire se rapporte.

De plus, l'épaisseur de la ligne noire est proportionnelle à l'importance du groupe aux différentes époques. Le maximum d'épaisseur de chaque ligne noire correspond donc à l'apogée où le groupe qu'elle représente atteignait lui-même son développement maximum.

DISTRIBUTION DES ANIMAUX AUX DIFFÉRENTES ÉPOQUES GÉOLOGIQUES

(L'épaisseur du trait est proportionnelle à l'importance du groupe auquel il correspond).



CONCLUSION GÉNÉRALE

NOTIONS RELATIVES A L'ÉVOLUTION DES ÊTRES ORGANISÉS

Idées anciennes. — Avant que la Géologie ne nous eût fait connaître les faunes et les flores qui se sont succédé, si différentes les unes des autres, à la surface du Globe, on s'imaginait que la Terre avait été, de tout temps, peuplée par les animaux et les plantes actuellement vivants, et l'on croyait que chacun d'eux avait été l'objet d'une création particulière. C'est cette opinion qu'exprimait, avec une grande force, le naturaliste Linné, lorsqu'il écrivait : *Tot numeramus species quot ab initio creavit infinitum Ens* [1].

Lorsqu'une étude plus approfondie des couches du sol nous eût appris qu'il y avait dans l'histoire du Globe plusieurs périodes, et qu'à chacune de ces périodes correspondaient une faune et une flore spéciales, composées d'animaux et de plantes fort différents des animaux et des plantes de la nature actuelle, le dogme linnéen chancela.

La théorie cataclystienne. — Cuvier entreprit de le consolider et, pour cela, chercha à le faire concorder avec les faits nouvellement découverts en imaginant une *théorie des révolutions* ou *théorie cataclystienne.*

La succession des périodes ne pouvant pas se nier, Cuvier admettait que le début de chacune d'elles avait été marqué par un acte créateur dont l'effet avait été de peupler le Globe, à ce moment désert. Puis, à la fin de la période, un cataclysme violent s'était produit, qui avait anéanti *tous* les êtres dans un bouleversement universel.

A la suite de cette *révolution*, le calme s'était rétabli, la période suivante s'était ouverte et un nouvel acte créateur avait jeté sur la Terre rajeunie, de nouvelles plantes, de nouveaux animaux, complètement distincts de ceux de la période précédente.

D'après cette manière de voir, aucune forme vivante ne pouvait sur-

1. « Il y a actuellement autant d'espèces qu'en a créées dès le principe, la Puissance infinie. »

Linné, naturaliste suédois (1707-1778), écrivait son *Systema naturæ* en 1735 et en 1751 sa *Philosophia botanica.*

vivre à l'un de ces cataclysmes, et chaque espèce animale ou végétale qui apparaissait au début d'une période, possédait tous les caractères distinctifs qui lui étaient propres et qu'elle devait conserver immuables jusqu'à son extinction, au moment du cataclysme final de la période.

La théorie cataclystienne est inadmissible. — Or, rappelons-nous que nous avons, au cours des conférences qui précèdent, signalé de nombreuses formes animales, entre autres le Nautile et des brachiopodes qui, après avoir traversé toutes les périodes, se sont perpétuées jusqu'à l'heure actuelle; donc, la destruction totale de tous les êtres d'une période, à la fin de cette période, est formellement contredite par les faits.

D'autre part, Lyell [1], dans ses *Principles of Geology*, a montré qu'il n'est pas nécessaire, pour expliquer les transformations géologiques du Globe, d'avoir recours aux cataclysmes imaginés par Cuvier, et que l'action lente, mais continue, des forces naturelles, agissant pendant des périodes de temps considérables, rend bien mieux compte des phénomènes géologiques que les révolutions universelles et soudaines. D'ailleurs, nous voyons constamment, sous nos yeux, agir ces forces qui n'ont, par conséquent, rien de mystérieux.

Enfin, les découvertes faites en paléontologie ont montré, jusqu'à l'évidence, que loin d'être indépendantes les unes des autres, les faunes et les flores des périodes consécutives se relient, au contraire, les unes aux autres par des formes intermédiaires nombreuses.

Pour toutes ces raisons, la théorie des révolutions du Globe a donc dû être abandonnée.

Hypothèse transformiste. — Mais alors il fallait en trouver une autre plus compréhensive, plus conforme à la réalité des faits observés.

Or, dès 1809, Lamarck [2], qui avait déterminé, décrit ou classé une multitude d'espèces animales ou végétales, avait été beaucoup plus frappé des analogies que ces espèces présentent entre elles que des différences qui servent à les distinguer les unes des autres. Ainsi, il considérait que les vertébrés, malgré leurs formes si différentes, ont tous un squelette construit de la même façon, ce qui semble indiquer entre eux une sorte de parenté [3].

D'autre part, il avait constaté que certaines espèces peuvent subir des modifications plus ou moins profondes sous diverses influences. Il note, par exemple, que la Renoncule d'eau a des feuilles de plusieurs formes; que toutes celles qui se développent dans l'eau sont finement découpées, tandis que celles qui, atteignant la surface de l'eau, s'épanouissent dans l'air, sont larges, arrondies et simplement lobées.

1. Charles Lyell, géologue anglais, né en 1797, mort en 1875. Les *Principles of Geology* ont paru en 1838.

2. Antoine de Monet, chevalier de Lamarck, né à Bazentin, près de Bapaume (Somme) en 1744, mort à Paris en 1829. Il était professeur de zoologie au Muséum d'histoire naturelle.

3. C'est ce que Geoffroy-Saint-Hilaire (Etienne) exprimait en disant qu'il y a, dans le règne animal, *unité de plan de composition*.

De cet exemple et de beaucoup d'autres analogues, Lamarck conclut que l'air, l'eau, la lumière, la chaleur et, en général, toutes les conditions extérieures, peuvent avoir, sur les formes animales ou végétales, une influence très grande, *et que lorsque ces conditions changent, les animaux ou les végétaux qui les subissent éprouvent, dans leur forme et dans leur structure, des variations correspondantes.* On dit qu'ils *s'adaptent.*

Lamarckisme : adaptation, hérédité. — Voici du reste comment Lamarck s'exprime lui-même dans sa *Philosophie Zoologique*, et comment il explique cette *adaptation*, ainsi que les variations de formes qui en sont la conséquence.

« Le véritable ordre de choses qu'il s'agit de considérer dans tout ceci consiste à reconnaître :

« 1° Que tout changement un peu considérable, et ensuite maintenu, dans les circonstances où se trouve chaque race d'animaux, opère en elle un changement réel dans leurs besoins;

« 2° Que tout changement dans les besoins des animaux nécessite pour eux d'autres actions pour satisfaire aux nouveaux besoins et, par suite, d'autres habitudes;

« 3° Que tout nouveau besoin nécessitant de nouvelles actions pour y satisfaire, exige de l'animal qui l'éprouve, soit l'emploi plus fréquent de telle de ses parties dont auparavant il faisait moins d'usage, ce qui la développe et l'agrandit considérablement, soit l'emploi de nouvelles parties que les besoins font naître insensiblement en lui par des efforts de son sentiment intérieur[1]....

« Ainsi, pour parvenir à connaître les véritables causes de tant de formes diverses et de tant d'habitudes différentes dont les animaux connus nous offrent les exemples, il faut considérer que les circonstances infiniment diversifiées, mais toutes lentement changeantes, dans lesquelles les animaux de chaque race se sont successivement rencontrés, ont amené pour chacun d'eux des besoins nouveaux et, nécessairement, des changements dans leurs habitudes. Or, cette vérité qu'on ne saurait contester, étant une fois reconnue, il sera facile d'apercevoir comment les nouveaux besoins ont pu être satisfaits et les nouvelles habitudes prises, si l'on donne quelque attention aux deux lois suivantes de la nature, que l'observation a toujours constatées :

PREMIÈRE LOI

« *Dans tout animal qui n'a point dépassé le terme de ses développements, l'emploi plus fréquent et soutenu d'un organe quelconque, fortifie peu à peu cet organe, le développe, l'agrandit et lui donne une puissance proportionnée à la durée de cet emploi; tandis que le défaut*

1. *Par des efforts de son sentiment intérieur* est une phraséologie vague qui dissimule mal l'ignorance où était Lamarck, et où l'on est encore, du mécanisme par lequel s'accomplit ce fait très réel, dont le processus nous est encore inconnu.

constant d'usage de tel organe, l'affaiblit insensiblement, le détériore, diminue progressivement ses facultés et finit par le faire disparaître.

DEUXIÈME LOI

« *Tout ce que la nature a fait acquérir ou perdre aux individus par l'influence des circonstances où leur race se trouve depuis longtemps exposée, et par conséquent, par l'influence de l'emploi prédominant de tel organe, ou par celle d'un défaut constant d'usage de telle partie, elle le conserve par la génération aux nouveaux individus qui en proviennent, pourvu que les changements acquis soient communs aux deux sexes ou à ceux qui ont produit les nouveaux individus.* »

La première loi peut s'appeler la loi de l'*adaptation* des organismes aux conditions dans lesquelles ils sont obligés de vivre ; la deuxième loi est la loi de l'*hérédité*, qui exprime la transmission par hérédité, de génération en génération, des qualités que quelques individus ont acquises par l'adaptation.

L'*adaptation* et l'*hérédité* sont en effet les deux bases sur lesquelles Lamarck appuie son hypothèse transformiste, c'est-à-dire sa théorie de la variabilité des espèces, et l'on a donné le nom de *Lamarckisme* au transformisme expliqué par l'adaptation et l'hérédité.

Darwinisme : Sélection. — A cette époque, Cuvier régnait despotiquement sur les sciences naturelles. Aussi, les idées de Lamarck n'eurent-elles aucun retentissement dans le monde savant.

C'est Wallace (H. R.) et Charles Darwin qui, simultanément, en 1859, reprirent l'hypothèse transformiste de Lamarck, mais en lui donnant une base scientifique plus solide et plus large que celui-ci n'avait fait. Darwin, en effet, n'admet pas que l'adaptation et l'hérédité soient suffisantes pour expliquer la variabilité des espèces. Il attribue à la *sélection* une influence prépondérante.

Sélection artificielle. — Afin de comprendre ce qu'on entend par *sélection*, étudions la façon dont l'homme s'y prend pour obtenir ou développer chez les animaux et les plantes des qualités qui lui soient utiles ou simplement agréables. Dans une même famille de plantes, par exemple, chaque individu possède des caractères qui lui sont particuliers, caractères souvent très peu apparents, mais qu'un œil exercé sait reconnaître. Parmi toutes les plantes de la famille, l'horticulteur choisit celles qui présentent le caractère individuel qu'il veut développer et il ne recueille et sème que les graines provenant de ces plantes.

Comme les qualités des parents se transmettent en général aux enfants, parfois même en s'exagérant, il y a beaucoup de chances pour que certains individus résultant de ce premier semis, présentent, encore plus accentués, les caractères qui ont fait choisir leurs parents. L'horticulteur ne retient que ceux-là et rejette les autres.

En opérant ainsi son choix dans chacune des générations successives de plantes, en y faisant un triage, une *sélection*[1] raisonnée, l'horti-

1. Du latin : *seligere*, qui signifie *choisir* (*selectionem*, choix).

culteur finit par obtenir, au bout d'un temps plus ou moins long, après un nombre de générations plus ou moins grand, des individus présentant, très exagéré, le caractère originel. Il possède alors une *variété* de l'*espèce* primitive.

Les qualités qui caractérisent cette variété sont même parfois tellement fixées par la transmission qui s'en est faite héréditairement de génération en génération, que la variété, devenue très différente de l'espèce dont elle provient, ne peut plus fournir de graine si on la croise[1] avec elle. On peut dire, dans ce cas, que la variété est devenue une véritable espèce, au sens où les *fixistes*[2] entendent ce mot.

Nous aurions pu prendre notre exemple parmi les animaux : la conclusion eût été la même. On sait, en effet, que, de sélection en sélection, les éleveurs finissent par modifier complètement une race. C'est ainsi que l'on est parvenu à créer des races de mouton à grande laine, des races bovines de travail, des races de chevaux de trait ou de course, etc.

Sélection naturelle. — Or, cette sélection que l'homme pratique *artificiellement*, pour la satisfaction de ses besoins ou de ses caprices, s'accomplit *naturellement* sous l'influence de la *lutte pour la vie* et de la *concurrence vitale*.

Tout être vivant soutient, en effet, une lutte de tous les instants contre les causes de destruction, parmi lesquelles il faut compter les conditions extérieures et les ennemis qu'il peut avoir. Il est certain, par exemple, qu'un froid trop vif ou une chaleur trop intense peuvent être nuisibles à beaucoup d'être vivants; il est certain, aussi, que les herbivores ont tout à redouter des carnivores; mais où la lutte est particulièrement ardente, c'est entre individus de la même espèce qui, ayant les mêmes besoins, recherchent la même nourriture et se la disputent avec âpreté quand elle est rare. C'est donc surtout entre individus de la même espèce que s'exerce ce qu'on a appelé la *concurrence vitale*.

Le résultat de cette lutte continuelle entre les êtres organisés et contre les causes de destruction est d'opérer parmi eux une sélection.

Considérons, en effet, dans une région déterminée du Globe, une génération d'individus appartenant à une certaine espèce animale : dans la lutte pour la vie que toute la génération subit, il est clair que ceux-là surtout seront épargnés qui sont le mieux armés, c'est-à-dire qui possèdent, au plus haut degré, certaines qualités favorables, leur permettant de soutenir avec avantage la concurrence vitale.

1. Si on transporte le pollen des fleurs de l'une sur le stigmate des fleurs de l'autre ou inversement.

2. On nomme *fixistes* tous ceux qui croient que l'espèce est incapable de varier et qu'elle conserve toujours, immuablement les mêmes caractères. Ils disent qu'on reconnait une véritable espèce à ce que les individus qui la composent peuvent avoir des croisements féconds. Or nous venons de voir qu'une variété dérivée d'une espèce arrive à ne plus pouvoir se croiser avec elle. Ce seraient donc deux espèces différentes au dire des fixistes? Cependant, l'une provient de l'autre.

La seconde génération provenant des animaux épargnés de la première, renfermera, on le comprend, une proportion plus grande d'individus possédant ce caractère ou ces qualités, grâce auxquels leurs parents ont pu résister, subsister et se reproduire ; mais cette deuxième génération, placée dans les mêmes conditions que la première, aura à subir la même lutte, la même concurrence. Une deuxième sélection s'y opérera donc qui ne laissera subsister que les individus présentant, le mieux développées, les qualités utiles transmises par les parents.

De sorte que, de génération en génération, ces qualités iront sans cesse en s'accentuant ; et comme, en vertu du principe de la *corrélation des formes* [1], un organe qui se modifie entraîne la modification corrélative d'une foule d'autres organes, on verra peu à peu l'espèce primitive se transformer graduellement en une autre espèce présentant des caractères très différents de ceux qu'elle possédait à l'origine.

Il pourra même fort bien arriver que l'espèce primitive donne naissance, par transformations graduelles, à *plusieurs espèces nouvelles*. Ce cas se produira si, au début, plusieurs individus de cette espèce originelle, munis de caractères individuels différents, mais également favorables, ou bien placés dans des conditions diverses, mais permanentes pour chacun d'eux, évoluent dans des sens différents. Les espèces nouvelles, ainsi dérivées de l'espèce primitive, finiront, au bout d'un nombre de générations parfois considérable, par avoir entre elles si peu de ressemblance que, si l'on n'a pas suivi pas à pas leurs transformations successives, il ne viendra à l'idée de personne de supposer qu'elles puissent avoir la même origine, le même ancêtre.

En résumé, on voit que Darwin adopte sans réserves l'hypothèse transformiste, mais qu'il n'accorde qu'une importance très secondaire à l'adaptation. Il considère comme beaucoup plus puissante la *sélection naturelle* qu'opèrent, parmi les êtres, la *lutte pour la vie* et la *concurrence vitale*.

Conception moderne du transformisme. — Dans ses premiers ouvrages, Darwin regardait comme point de départ des transformations d'une race ou d'une espèce, les *caractères individuels* que présentaient, *fortuitement*, certains membres de cette race ou de cette espèce, caractères qui se trouvaient être, *par hasard*, favorables dans la lutte pour la vie ; mais, plus tard, Darwin a reconnu lui-même qu'il ne fallait pas attribuer au hasard ce qui pouvait fort bien être le résultat d'une *adaptation* [2].

Ainsi se trouve comblé par Darwin lui-même, le fossé qui séparait le Lamarckisme, entièrement fondé sur l'adaptation et l'hérédité, et le Darwinisme, qui tendait à exclure l'adaptation au profit de la sélection.

Dès lors, voici comment il convient actuellement de concevoir le transformisme :

1. Voir p. 8.
2. Voir p. 106, les causes de la réduction du nombre des doigts chez les herbivores s'adaptant à la course rapide.

Posons d'abord en principe que si des êtres se trouvent placés dans des conditions invariables auxquelles ils sont adaptés, ils n'ont aucune raison de varier et ils ne varient pas [1].

Considérons maintenant une espèce habitant une région dans laquelle les conditions d'existence viennent à se modifier. Certains individus, incapables de s'adapter, sont condamnés à disparaître [2]. Ceux au contraire qui réussissent à s'adapter, si peu que ce soit, survivent et se reproduisent, transmettant par hérédité à leurs descendants les caractères adaptatifs qu'ils ont acquis et qui ne peuvent qu'aller en s'accentuant de génération en génération, puisque le travail d'adaptation s'opère sur toutes les générations successives comme sur la première. A chaque génération, une sélection naturelle s'opère qui ne laisse subsister que les mieux adaptées. De sorte que l'espèce se transforme peu à peu jusqu'à ce qu'elle se soit complètement adaptée aux conditions dans lesquelles elle vit. A partir de ce moment, l'espèce conservera immuables les caractères qu'elle a acquis et elle ne recommencera à varier que si les circonstances extérieures viennent elles-mêmes de nouveau à changer.

Adaptation, *sélection*, *hérédité* sont donc les trois facteurs principaux de la variation, ou, comme on dit, de l'*évolution* [3] des espèces vers des types plus parfaits, c'est-à-dire plus aptes à lutter contre les causes extérieures de destruction et à soutenir la concurrence vitale.

Théorie de la descendance. — Si l'on admet l'hypothèse transformiste, il devient alors très facile d'expliquer la succession des faunes que l'on trouve superposées dans les couches terrestres.

Sitôt que le Globe a été habitable, un ou plusieurs êtres vivants, très inférieurs, y ont apparu, s'y sont développés, ont donné des êtres qui se sont répandus sur toute la surface de la Terre et y ont par conséquent trouvé des conditions d'existence très diverses. Ces descendants d'un même être ou d'un nombre très restreint d'êtres primordiaux ont donc évolué dans des sens différents et ont donné naissance à ces nombreux rameaux dont les dernières branches se terminent par les espèces actuellement vivantes.

D'après cette manière de voir, on aurait donc, non pas séparation tranchée entre les faunes, ainsi que le croyait Cuvier, mais continuité, filiation même, chaque faune continuant la faune de la période pré-

1. Ceci répond à l'objection de Cuvier. Cuvier niait la variabilité des espèces parce que les momies de chats, d'ibis, de crocodiles découvertes dans les tombeaux égyptiens, prouvent une complète identité de structure et de forme entre les espèces anciennes et les espèces actuelles de la vallée du Nil. Or, pourquoi ces espèces auraient-elles varié, puisque les conditions dans lesquelles elles vivent sont les mêmes que celles dans lesquelles elles se trouvaient il y a 6 000 ans dans la vallée du Nil? D'ailleurs, qu'est-ce que 6000 ou 7000 ans dans l'histoire du Globe?

2. Ils pourront durer cependant pendant plusieurs générations ou émigrer (voir la période glaciaire, p. 119).

3. Du latin : *evolutio*, développement.

cédente comme elle prépare la faune de la période suivante. Seulement, comme l'évolution d'une même espèce ne s'est pas toujours accomplie sur le même point, il peut fort bien y avoir une différence très tranchée entre les faunes fossiles de deux couches qui sont immédiatement superposées. Ceci indique évidemment qu'un grand intervalle de temps, pendant lequel les êtres évoluaient ailleurs, s'est écoulé entre les deux dépôts successifs.

Ainsi s'expliquent très simplement tous les faits géologiques dont la *Théorie des Révolutions* de Cuvier était impuissante à rendre compte.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

PALÉONTOLOGIE ANIMALE

Programmes officiels 4

INTRODUCTION A L'ÉTUDE DE LA PALÉONTOLOGIE

Définition de la Paléontologie 5
Utilité et but de la Paléontologie 5
Difficultés que doit vaincre la Paléontologie 6
Découverte des méthodes utilisées en Paléontologie 6

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

CLASSIFICATION DES COUCHES SÉDENTAIRES

Ère et terrains primitifs 11
Ère et terrains primaires 12
Ère et terrains secondaires 12
Ère et terrains tertiaires 13
Ère quaternaire 13
Subdivisions des ères géologiques 13

CHAPITRE PREMIER

IDÉE GÉNÉRALE DE LA CONFIGURATION DES MERS ET DES CONTINENTS DURANT LES PÉRIODES PRIMAIRE, SECONDAIRE ET TERTIAIRE. — CHANGEMENTS DES CLIMATS.

1° Les plissements de l'écorce.
Formation des plis de l'écorce terrestre 15
Les zones de plissements ne sont pas limitées aux plis proprement dits 15
Un pli résulte d'une poussée latérale 16

L'apparition d'un pli n'est pas subite..... 16
Les plissements principaux de l'écorce terrestre..... 16
1er plissement : *Le continent huronien*..... 17
2e plissement : *Le continent calédonien*..... 17
3e plissement : *Le continent hercynien*..... 18
4e plissement : *Le continent alpin*..... 19
Etat actuel de ces différentes chaînes..... 19
Chaîne huronienne..... 20
Chaîne calédonienne..... 20
Chaîne hercynienne..... 20
Montagnes d'âge tertiaire..... 23
2° Les variations des continents et des mers.
La France pendant les temps primaires..... 24
Les continents et les mers pendant l'ère secondaire..... 25
La France pendant les époques jurassique et crétacée..... 27
Les grands continents secondaires..... 32
Les continents et les mers à l'époque tertiaire..... 32
3° Variations des climats.
Climats..... 35
Ère primaire..... 35
Climats du Silurien et du Dévonien..... 35
Climats de l'époque carbonifère..... 36
Climats de l'époque permienne..... 37
Ère secondaire..... 38
Climats de l'époque triasique..... 38
Climats de l'époque jurassique..... 38
Climats de l'époque crétacée..... 40
Ère tertiaire..... 41
Climat de l'Éocène..... 41
Climat de l'Oligocène..... 41
Climat du Miocène..... 41
Climat du Pliocène..... 42
Climats de l'ère quaternaire..... 43
Explication de la période glaciaire..... 43
Fin de la période glaciaire..... 45
Périodes interglaciaires..... 46

CHAPITRE II

LES TEMPS PRIMAIRES

Généralités..... 49
Faune des temps primaires.
Brachiopodes..... 50
Structure et forme des brachiopodes..... 50
Extension des brachiopodes pendant l'ère primaire..... 51
Arthropodes..... 51

Trilobites..... 52
Autres crustacés..... 56
Arthropodes terrestres..... 56
Mollusques..... 58
Céphalopodes..... 58
Polypiers..... 63
Coraux..... 63
Polypes hydraires..... 64
Échinodermes et protozoaires..... 65
Échinodermes..... 65
Protozoaires..... 65
Vertébrés..... 65
Poissons..... 65
Batraciens..... 67
Reptiles..... 69
Évolution des vertébrés primaires..... 69

CHAPITRE III

LES TEMPS SECONDAIRES

Généralités. Division des temps secondaires..... 70
Système triasique..... 70
Système jurassique..... 71
Système crétacé..... 72
Faune des temps secondaires.
Coup d'œil d'ensemble..... 72
Protozoaires..... 73
Constance des formes des protozoaires..... 73
Abondance des protozoaires secondaires..... 73
Échinodermes..... 73
Formes actuelles..... 73
Ancêtres primaires des échinodermes secondaires..... 74
Échinodermes secondaires : 1° *Encrines*..... 74
— 2° *Oursins*..... 75
Mollusques..... 76
Lamellibranches..... 76
Mollusques céphalopodes..... 77
Ammonites..... 77
Bélemnites..... 82
Brachiopodes..... 85
Arthropodes..... 85
Vertébrés..... 86
Poissons..... 86
Extension des reptiles..... 86
Premiers oiseaux..... 92
Mammifères..... 94

CHAPITRE IV

LES TEMPS TERTIAIRES

Généralités..... 95
Division des temps tertiaires.
Les étages tertiaires..... 96
Période éocène..... 96
Période oligocène..... 97
Période miocène..... 97
Période pliocène..... 97
Faune des temps tertiaires.
Protozoaires : Nummulites..... 98
Rayonnés : Échinodermes..... 99
Mollusques..... 99
Articulés : Insectes..... 100
Vertébrés : Poissons. Batraciens..... 101
— Reptiles..... 102
— Oiseaux..... 103
Suite des vertébrés. Grande extension des mammifères..... 103
Marsupiaux..... 104
Mammifères pisciformes..... 105
Mammifères ongulés..... 105
Mammifères onguiculés..... 116

CHAPITRE V

LES TEMPS QUATERNAIRES

Généralités..... 117
Faune des temps quaternaires.
Mammifères..... 118
Mammifères de la faune américaine..... 120
Mammifères de la faune d'Australie..... 120
Oiseaux..... 120
Apparition de l'Homme. Cavernes, cités lacustres.
Ancienneté de l'Homme..... 121
Homme tertiaire..... 122
Les Précurseurs..... 122
L'Homme quaternaire..... 124
Les races primitives..... 126
Temps préhistoriques.
Division des temps préhistoriques en âges..... 127
Age de la pierre taillée..... 127
Époque acheuléenne..... 128
Époque moustérienne..... 128

Époque solutréenne 129
Époque magdaléenne 129
Age de la pierre polie 130
Cités lacustres 131
Monuments mégalithiques 132
Age du bronze 133
Age du fer 134

CONCLUSION GÉNÉRALE

NOTIONS RELATIVES A L'ÉVOLUTION DES ÊTRES ORGANISÉS

Idées anciennes 137
La théorie cataclystienne 137
La théorie cataclystienne est inadmissible 138
Hypothèse transformiste 138
Lamarckisme : Adaptation, hérédité 139
Darwinisme : Sélection 140
Conception moderne du transformisme 141
Théorie de la descendance 143

1351-03. — Coulommiers. Imp. Paul BRODARD. — 7-04.

ERNST MAYR LIBRARY
3 2044 110 320 934